

TEZĂ DE ABILITARE

CONTRIBUȚII PRIVIND UTILIZAREA ENERGIEI SOLARE ÎN VEDEREA MODIFICĂRII PROPRIETĂȚILOR ALIAJELOR SPECIALE PRIN TRATAMENTE TERMICE

Prof.dr.ing. Ioan MILOȘAN

23/02/2018



**Universitatea
Transilvania
din Brașov**

**FACULTATEA DE ȘTIINȚA
ȘI INGINERIA MATERIALELOR**





▣ **CONŢINUT**

- ▣ **EDUCAŢIE ŞI FORMARE / EXPERIENŢĂ PROFESIONALĂ**
- ▣ **(B-I) REALIZĂRI ŞTIINŢIFICE ŞI PROFESIONALE**
- ▣ **(B-II) PLANURI DE EVOLUŢIE ŞI DEZVOLTARE A CARIEREI**
- ▣ **GRADUL DE ÎNDEPLINIRE AL STANDARDELOR MINIMALE**





▣ EDUCAŢIE ŞI FORMARE

STUDII UNIVERSITARE 1978-1983

- Universitatea din Braşov,
- Facultatea TCM
- Specializarea Turnătorie - Inginer

STUDII DOCTORALE 1993-1998

- Universitatea Transilvania din Braşov
- Doctor Inginer
- Specializarea: Ştiinţa Materialelor

Programe de specializare 2006-2012

Manager al Sistemelor de Management al Calităţii- COR 242302
Auditor în Domeniul Calităţii- COR 242303
Manager al Sistemelor de Management de Mediu-COR 242304
Auditor de Mediu- COR 242305
Manager Proiect- COR 241919
Evaluator de Competenţe Profesionale, CNFPA-Standard M9
Formator de Formatori- COR 242402





▣ EXPERIENŢĂ PROFESIONALĂ

1983-1986

- *Într. Mecanică Codlea / Într. Tractorul Braşov*
- **Inginer tehnolog:** urmărirea și organizarea producției, implementarea tehnologiilor de fabricare (formare-turnare), coordonarea activității în schimburi.

1986-1989

- *Într. Rulmentul Braşov, serv. Metalurg-Şef*
- **Inginer tehnolog:** urmărirea și organizarea producției, implementarea tehnologiilor de fabricare a discurilor de şlefuit bile și a sinterizării cuzineților.

1989-Prezent

- *Universitatea Transilvania din Braşov*
- **Asistent** (1989-1993)
- **Şef lucrări** (1993-1999);
- **Conferențiar** (1999 – 2001);
- **Profesor** (2001 – prezent).





■ (B-I) REALIZĂRI ŞTIINŢIFICE ŞI PROFESIONALE

Această teză de abilitare reprezintă rezultatul a douăzeci și șapte de ani de cercetare în domeniul procesării aliajelor, desfășurată astfel:

a) în cadrul universitar:

- **Universitatea "Transilvania" din Braşov**, *Facultatea de Ştiinţa şi Ingineria Materialelor*;
- **Universitatea "Politehnica" din Bucureşti**: *Facultatea Ingineria şi Managementul Sistemelor Tehnologice şi Facultatea de Ştiinţa şi Ingineria Materialelor*.

b) în cadrul institutelor de cercetare:

- **INSTITUTUL DE CERCETARE ŞTIINŢIFICĂ- PRODUSE HIGH-TECH PENTRU DEZVOLTARE DURABILĂ**, Universitatea "Transilvania" din Braşov : *Centrul de Cercetare C08: "Tehnologii şi materiale avansate metalice, ceramice şi compozite"*;
- **CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE-PROCÉDÉS, MATÉRIAUX ET ÉNERGIE SOLAIRE** (CNRS-PROMES), Font-Romeu-Odeillo; FRANCE
- **CENTRO DE INVESTIGACIONES ENERGÉTICAS, MEDIOAMBIENTALES Y TECNOLÓGICAS** (CIEMAT)- **PLATAFORMA SOLAR DE ALMERÍA (PSA)**, Tabernas (Almería); SPAIN

c) în domeniul industrial:

S.C. "ROMAN" Autocamioane S.A. Braşov;

S.C. "UPRUC TPA" S.R.L. Făgăraş

Doresc să le mulțumesc atât colegilor cât și colaboratorilor din țară și din străinătate care au contribuit alături de mine la realizarea și prelucrarea datelor prezentate în această teză.



■ *Acknowledgements:*

- Financial support by the Access to Research Infrastructures activity in the **7th Framework Programme of the EU (SFERA 2 Grant Agreement n. 312643)** is gratefully acknowledged .
(*SFERA: Solar Facilities for the European Research Area*).
- **Centre National de la Recherche Scientifique-PROCÉDÉS, MATÉRIAUX ET ÉNERGIE SOLAIRE** (CNRS-PROMES), Font-Romeu-Odeillo; FRANCE.
- **Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT)- Plataforma Solar de Almería (PSA)**, Tabernas (Almería); SPAIN
- We hereby acknowledge the structural funds project **PRO-DD (POS-CCE,O.2.2.1., ID 123, SMIS 2637, ctr. No 11/2009)** for providing the infrastructure used in this work.





I. INTRODUCERE

- *Cercetările realizate și prezente în această teză de abilitare, se înscriu într-un domeniu de actualitate: **utilizărarea energiilor regenerabile în industrie, cu prezentarea posibilităților oferite de utilizarea energiei solare în tratamentul termic al aliajelor speciale.***
- *Pe tot parcursul tezei, am realizat o paralelă între utilizarea tratamentelor cu energie solară, respectiv cel al tratamentelor termice cu energie electrică, toate aplicate cu scopul îmbunătățirii proprietăților de exploatare al aliajelor speciale (oțeluri și fonte aliate) destinate prelucrării și utilizării industriale.*
- *Cercetările le-am desfășurat atât pe aliaje industriale standardizate cât și pe aliaje noi la care s-a intervenit atât asupra compoziției chimice (prin alierea suplimentară față de compoziția standardizată, cu diferite elemente de aliere, în diferite procente, în funcție de direcțiile de cercetare) cât și prin modificarea parametrilor industriali ai tratamentelor termice aplicate.*





Domeniile studiate şi experimentate au fost:

- **Îmbunătăţirea proprietăţilor mecanice (în teză s-a pus accentul pe duritatea aliajelor speciale);**
- **Îmbunătăţirea comportării la temperaturi scăzute a aliajelor speciale, realizându-se cercetări la temperaturi de până la - 150°C;**
- **Îmbunătăţirea comportamentului tribologic al aliajelor speciale, studiindu-se influenţa parametrilor specifici tehnologiei asupra: *coeficientului de frecare, coeficientului de uzură, nanoindentării, coeficientului de elasticitate*, parametrii principali în obţinerea unor produse calitativ superioare;**
- **Prelucrarea datelor experimentale rezultate în urma întregii activităţi de cercetare:**
 - ✓ *cercetări privind îndepărtarea rezultatelor anormale din datele experimentale, folosindu-se diferite criterii statistice ("Chauvenet" şi "Romanowski");*
 - ✓ *cercetări privind modelarea matematică prin experimentul clasic (modelarea legăturilor dintre variabilele unui sistem) realizată pe baza analizei statistice a ecuaţiei de regresie, în acest caz, s-a utilizat un instrument software original în limbajul C++;*
 - ✓ *cercetări privind optimizarea proceselor industriale folosind programarea liniară (algoritmul Simplex), cercetările au fost aprofundate prin utilizarea unui instrument software original în limbajul C++;*
- **Îmbunătăţirea tehnologiilor industriale folosite de-a lungul întregii activităţi de cercetare**



1 TENDINŢE PRIVIND UTILIZAREA ENERGIEI SOLARE ÎN INDUSTRIE

1.1 Surse pentru producerea energiei electrice

- **Sursele pentru producerea energiei electrice** sunt variate, aceasta bazându-se în producerea ei atât pe **surse de energii neregenerabile** (energia generată prin arderea combustibililor fosili: cărbunele, țițeiul și gazele naturale, etc) cât și pe **surse de energii regenerabile**: energia solară, hidroelectrică, eoliană, geotermală, energia mareelor, energia derivată din biomasă, etc.
- Conform **U.S. Agency International Administration (EIA)** în documentul "**International Energy Outlook 2016**" [128], **producția de energie electrică** (în funcție de combustibilul utilizat) specifică perioadei **2012-2040** are o distribuție conform figurii 1.3.

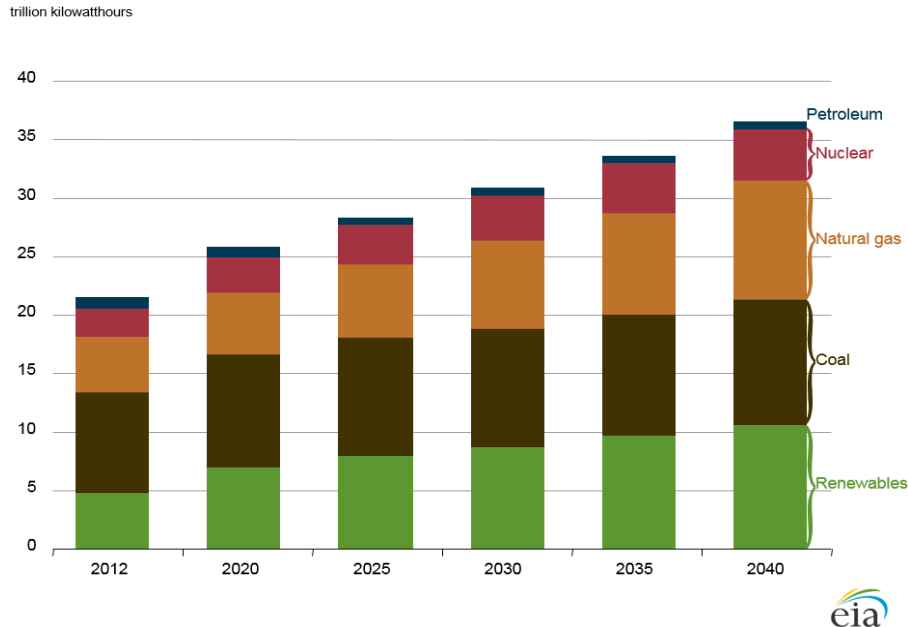


Fig. 1.3 Producția de energie electrică (în funcție de combustibilul utilizat) specifică perioadei 2012-2040 [128]

- ✓ **utilizarea cărbunelui** în producerea energiei electrice scade de la un procent de **40%** (anul 2012) la **29%**(anul 2040).
- ✓ **utilizarea energiilor regenerabile** în producerea energiei electrice, pornind de la un procent de utilizare de **22%** (anul 2012), se preconizează utilizarea lor într-un procent de **29%** anul 2040)



1.2 Tendinţe ale utilizării energiei solare

- Conform **U.S. Agency International Administration (EIA)** în documentul "International Energy Outlook 2016 "[128], energiile regenerabile reprezintă o creştere a ponderii din totalul ofertei de energie electrică din lume, ele fiind sursa de generare a energiei cu cea mai mare creştere, aspect prezentat în figura 1.4.

(trillion kilowatthours)

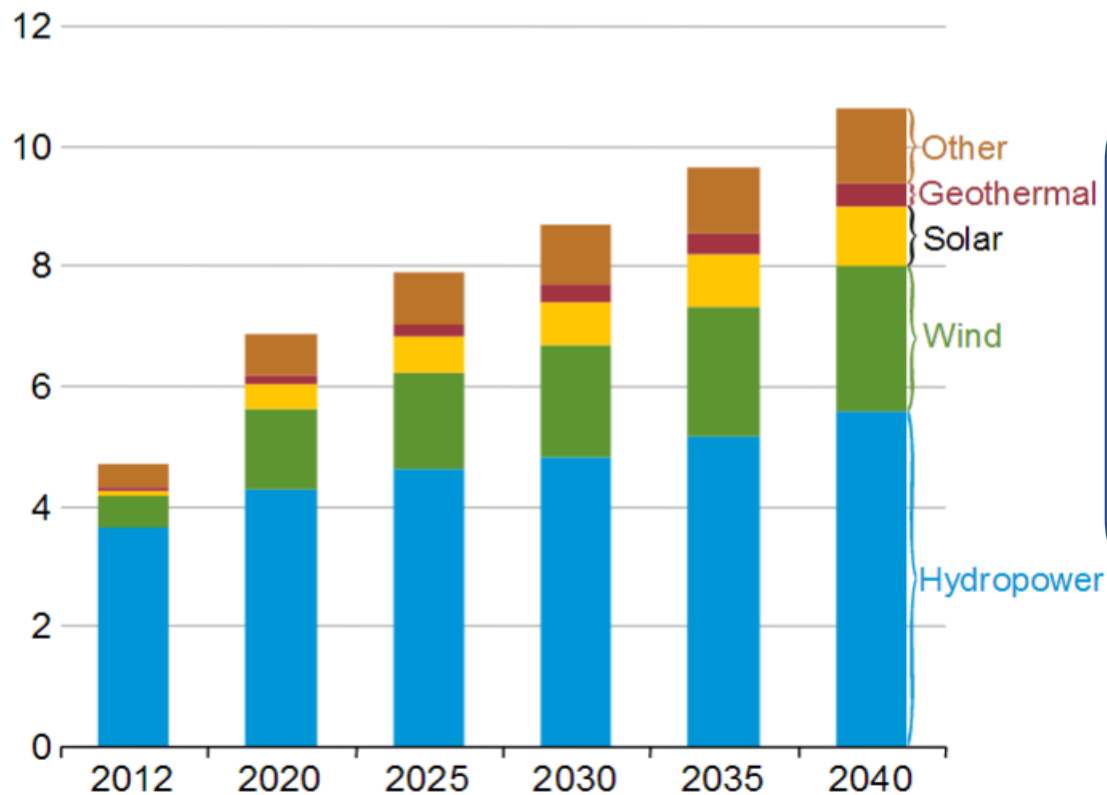


Fig. 1.4 Producţia de energie electrică având ca sursă energiile regenerabile (specifică perioadei 2012-2040) [128]

Specific anului **2040**, se preconizează că **energia solară** va furniza aproximativ **15%** din totalul de energie produsă.



1.2.1 Cercetarea și dezvoltarea utilizării energiei solare

- **Datorită importanței folosirii energiei solare în diferite aplicații** (cu reducerea consumului altor surse de combustibili care prin utilizarea lor ar duce la creșterea gradului de poluare), *Comisia Europeană* în conformitate cu "Planul Strategic European pentru Tehnologiile Energetice - Planul SET": "Către un viitor cu emisii reduse de carbon", *finanțează* cu o sumă importantă (**16 miliarde de Euro** din totalul de 50 miliarde Euro) **cercetarea și dezvoltarea utilizării energiei solare până în anul 2020** (an de referință fiind anul 2010)

Funding a Low-Carbon Future



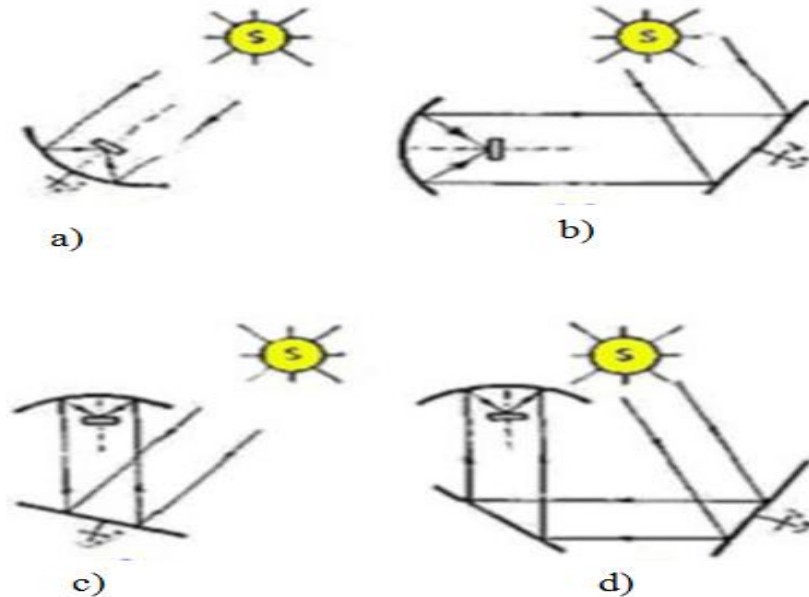
Fig. 1.6 Finanțarea unui viitor cu emisii reduse de CO₂ de către Comisia Europeană (până în anul 2020) [113]



2. CONTRIBUŢII PRIVIND UTILIZAREA ENERGIEI SOLARE ÎN VEDEREA MODIFICĂRII PROPRIETĂŢILOR ALIAJELOR SPECIALE TRATATE TERMIC

2.1.1 Cuptoare solare utilizate în cadrul cercetării

Cuptorul solar este un dispozitiv de captare a energiei radiante solare, care utilizează dispozitive cu oglinzi pentru a redirecţiona şi concentra razele soarelui pe o suprafaţă mică, producând astfel o temperatură extrem de ridicată. Părţile componente ale cuptorului solar sunt [25, 98, 112, 124]:



heliostatul (instrument alcătuit dintr-un sistem de oglinzi folosit pentru captarea şi reflectarea dirijată a unui fascicol de raze solare asupra unui dispozitiv de concentrare, independent de deplasarea Pământului în raport cu soarele);

concentratorul parabolic (oglindea parabolică) de tip reflectant, care are rolul să concentreze fascicolul de raze într-o zonă focală, pe obiectul supus încălzirii.

Fig. 2.1 Variante constructive ale cuptoarelor solare cu concentratoare parabolice şi heliostat: a) **oglindea parabolică cu axa orientată direct spre Soare**; b) **oglindea parabolică cu axă orizontală**; c) **oglindea parabolică cu axă verticală şi heliostat sub oglindă**; d) **oglindea parabolică cu axă verticală şi heliostatul alăturat** [98]



2.1.1 Cuptoare solare utilizate în cadrul cercetării

- **Cercetările realizate cu ajutorul energiei solare și prezentate în această teză, s-au desfășurat în Centrul Național de Cercetare Științifică "Procedee, Materiale și Energie Solară" (CNRS -PROMES) din localitatea Font-Romeu-Odeillo (Franța).**
- Cuptorul solar din Font Romeu, a fost construit în anul **1949** de *Profesorul Felix Trombe*, **fiind primul cuptor solar de acest tip construit în lume** [24, 124].
- **În 1993, cuptorul solar a fost folosit în regim industrial**, la arderea ceramicii, cât și pentru încălzirea unor produse de bronz și aluminiu.
- Aici se găsește și **cel mai puternic cuptor solar din lume, Megawatt Solar Furnace (MWSF) cu o putere de peste 1 MWth**, cu un vârf de flux ce depășește 10000 kW/m^2 și care permite obținerea de temperaturi în zona focală de peste 3500°C (fig. 2.2).





Fig. 2.2 Cuptorul solar MWSF (Megawatt Solar Furnace) Centrul Național de Cercetare Științifică "Procedee, Materiale și Energie Solară" (CNRS -PROMES) din localitatea Font-Romeu-Odeillo (Franța) [124].



Cercetările experimentale

- s-au desfășurat cu ajutorul unui cuptor solar cu ax vertical, cu o putere de aproximativ 1 kW, Medium Size Solar Furnaces (MSSF), a cărei schemă constructivă este prezentată în figura 2.3.

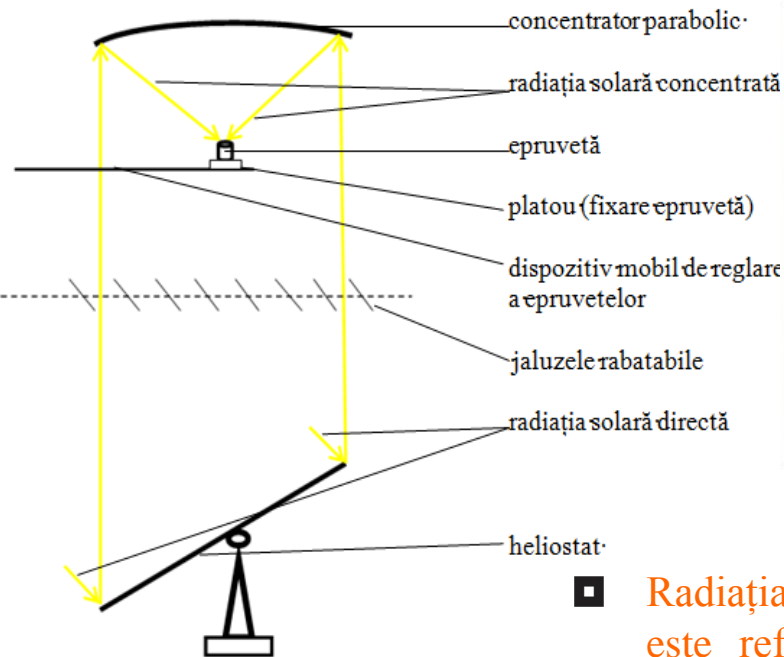


Fig. 2.3 Schema generală de funcționare a cuptorului solar "Medium Size Solar Furnaces" (MSSF)

- Radiația solară incidentă pe heliostat este reflectată către postul de lucru, trecând printr-un panou cu jaluzele rabatabile, care prin deschiderea sau închiderea lor (manuală sau automată), reglează **fluxul radiației solare - DNI (Direct Normal Irradiance)**. Sistemul heliostat-atenuator reglabil este prezentat în figura 2.5.

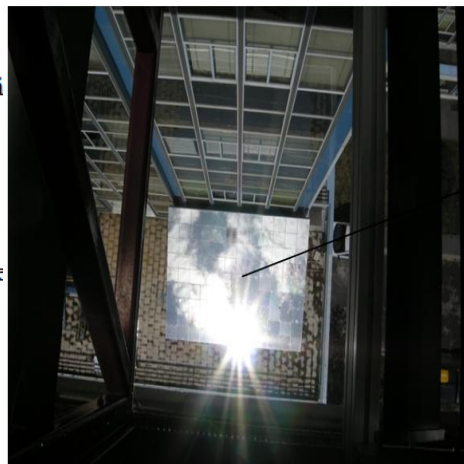


Fig. 2.4 Heliostat CNRS-PROMES (vedere de sus)

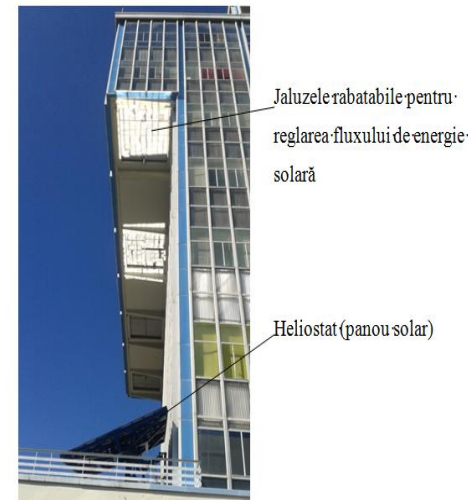


Fig. 2.5 Direcționarea fluxului de energie solară specific cuptorului solar MSSF (CNRS-PROMES) utilizat în cercetări

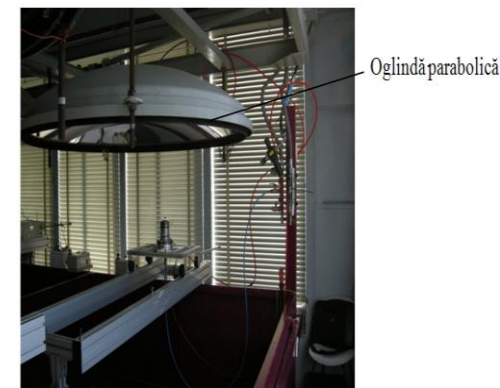


Fig. 2.6 Oglindă parabolică (CNRS-PROMES)



Poziția de concentrare maximă a radiației solare (locul de amplasare al epruvetelor)

Fig. 2.7 Stabilirea poziției spotului de energie solară (CNRS-PROMES)



Epruvetă
 Vată termoizolantă
 Platou suport din Al
 Jaluzele mobile
 Termocuplu tip K

Fig. 2.9 Amplasarea epruvetei în timpul experimentelor (CNRS-PROMES)

✓ → Măsurarea temperaturii pe tot parcursul tratamentului termic în cuptorul solar

S-a realizat prin amplasarea unui termocuplu de tip "k" poziționat la partea inferioară a epruvetelor, temperatura fiind măsurată de acesta prin contact cu epruveta, iar achiziția datelor s-a realizat cu un sistem Data-Logger EL-GFX-DTC with Graphic-Screen (fig. 2.10).



Fig. 2.10 Sistem de achiziția datelor Data-Logger EL-GFX-DTC, Dual Channel K-type Thermocouple with Graphic-Screen [101]



oglină parabolică (concentrator)
 probă încălzită cu radiație solară
 termocuplu
 platou răcit cu apă
 dispozitiv de poziționare a probelor
 conductă cu apă de răcire

Fig. 2.14 Desfășurarea experimentelor cu energie solară în cadrul Institutului PROMES-CNRS, Font-Romeu-Odeillo (Franța)



2.2 Cercetări privind duritatea aliajelor speciale tratate termic utilizând energie solară și electrică

Tabelul 2.1 - Compoziția chimică a aliajelor studiate

Compoziția chimică [%]		C	Si	Mn	P	S	Mg	Cr	Ni	Mo	Co	W	Cu
Oțel inoxidabil* En-1.4848	Standard	0,3~0,5	1-2,5	≤2	≤0,04	≤0,030	-	24-27	11-14	≤0,5	-	-	-
	Experimente	0,40	1,37	0,90	0,03	0,035	-	24,10	21,90	0,72	6,15	1,80	0,30
Fgn-Ni-Cu-Cr** EN-GJS-450-10	Standard	3,25-3,7	2,4-3,0	0,1-0,3	≤0,06	≤0,029	0,04-0,07	-	-	-	-	-	-
	Experimente	3,58	2,25	0,54	0,008	0,02	0,06	0,20	0,54	-	-	-	0,42
Fgn-Ni-Cr** EN-GJS-450-10	Standard	3,25~3,7	2,4-3,0	0,1-0,3	≤0,08	≤0,02	0,04-0,07	-	-	-	-	-	-
	Experimente	3,61	2,67	0,53	0,011	0,05	0,06	0,20	0,45	-	-	-	-

*-conform EN-10295:2002 - Heat resistant steel castings [107,-125,-129]

** -conform EN-1563:2011 - Founding - Spheroidal graphite cast irons [102,-105,-117,-125]

Conform standardului EN-10200:2012 [105,-115] - un oțel inoxidabil este un aliaj de fier, crom și carbon, cu un conținut mai mare de 10,5%Cr și mai mic de 1,2%C.



Tabelul 2.3 Variante experimentelor de utilizare a energiei solare și electrice în studiul durității aliajelor speciale

Varianta experimentală	Material	Energia utilizată		Tratamentul termic aplicat
		Solară	Electrică	
V1	Oțel inoxidabil EN-1.4848	X	X	Călire de punere în soluție
V2		X	X	Călire + Revenire înaltă
V3	Fgn Ni-Cu-Cr EN-GJS-450-10	X	-	Călire + Revenire în domeniul bainitic
V4	Fgn Ni-Cr EN-GJS-450-10	-	X	Călire izotermă
V5		-	X	Călire "Dual-Phase"

- În cadrul utilizării energiei solare, pentru tratamente termice efectuate, încălzirea s-a realizat cu o viteză care a variat între 0,5 și 1,5 °C/s iar **valoarea radiației solare** (Direct Normal Irradiance-DNI) a variat între **850 și 925 W/m²**.

2.2.3.3 Analiza comparativă a valorilor durtăţii oţelului EN 1.4848 tratat termic în cuptorul solar respectiv în cuptorul electric (varianta V1 şi V2)

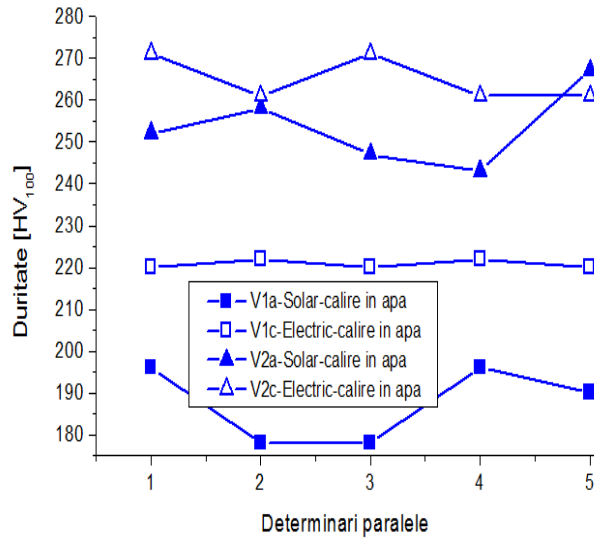


Fig. 2.23 Comparaţie privind influenţa energiei utilizate, a variantei de tratament termic la călire şi a mediului de răcire (apa) asupra durtăţii oţelului.

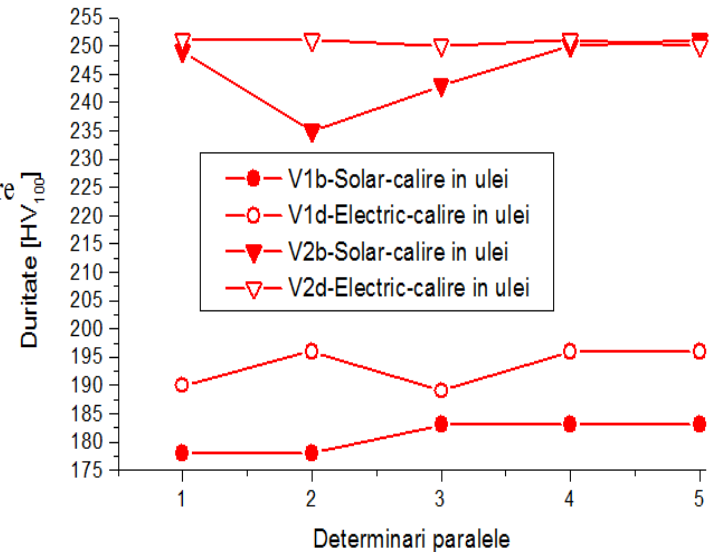


Fig. 2.24 Comparaţie privind influenţa energiei utilizate, a variantei de tratament termic la călirea şi a mediului de răcire (uleiul) asupra durtăţii oţelului.

2.2.3.4 Analiza valorilor durităţii fontei EN-GSJ-450-10 aliată cu Ni-Cu-Cr tratată termic în cuptorul solar (varianta V3)

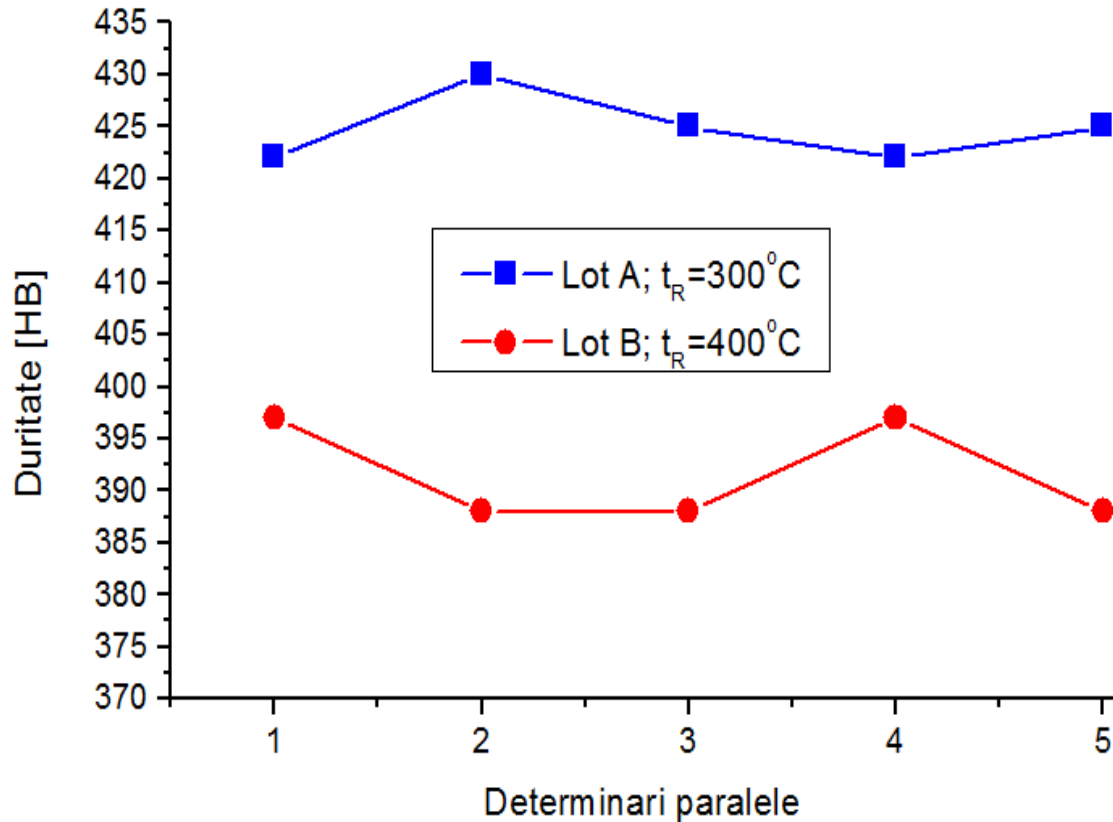


Fig. 2.25 Influenţa tratamentelor termice de călire urmată de revenire asupra valorilor durităţii (varianta V3 de tratament termic)



Concluzii

■ *Analiza comparativă a valorilor durităţii oţelului EN 1.4848 tratat termic în cuptorul solar respectiv în cuptorul electric (varianta V1 şi V2) scoate în evidenţă următoarele aspecte:*

✓ toate probele analizate, au valorile durităţii relativ apropiate, fiind mai mari în cazul în care tratamentul termic s-a realizat în cuptorul electric;

✓ rezultatele durităţii sunt mai uniforme pe epruvetelor la care tratamentul termic s-a realizat în cuptorul electric;

❖ *Aceste concluzii pot fi explicate prin constanţa gradientului de încălzire şi menţinere a temperaturii pe parcursul desfăşurării tratamentului termic în cuptorul electric, comparativ cu tratamentul în cuptorul solar (ştiut fiind faptul că un inconvenient în realizarea tratamentelor termice cu ajutorul energiei solare este păstrarea constanţei gradientului de încălzire, valoarea DNI variază odată cu apariţia norilor).*





Diseminarea cercetărilor

■ *Rezultatele cercetărilor privind duritatea aliajelor speciale tratate termic utilizând energie electrică, s-au concretizat în publicarea unui capitol într-o carte (unic autor) cât și a unor lucrări publicate în țară cât și în străinătate, în reviste sau la conferințe de specialitate:*

✓ *Milosan, I., Aspects About The Properties Of A Bainitic Dual-Phase SG Cast Iron;* European Scientific Journal 9 (10), p. 149-153, ISSN: 1857-7431, BDI, 2013.

✓ *Milosan, I., Study about the phase transformation and properties of a special S.G: cast iron;* Metalurgia International, V. 15; Issue: 10; P. 15-17; ISSN: 1582-2214, Published: 2010, Accession Number: WOS:000278729300003.

✓ *Milosan, I., Study and researches about the microhardness's variation of a special SG Cast Iron;* Conference on PROCESSING & MANUFACTURING OF ADVANCED MATERIALS Processing, Fabrication, Properties, Applications – THERMEC'2009, Berlin, Germany, Materials Science Forum; V. 638-642; Pages: 1233-1236; Part 1-4; ISSN: 0255-5476, Published: 2010, Accession Number: WOS:000281043800201.





2.3 Cercetări privind comportamentul la temperaturi scăzute al aliajelor speciale tratate termic utilizând energia solară și electrică

- Menținerea la temperaturi scăzute (în cadrul cercetărilor s-au efectuat mențineri la temperaturi cuprinse între: -20° -150°C , s-a realizat cu ajutorul a mai multor instalații:
 - ✓ *Instalație Experimentală Criogenică" din cadrul Laboratorului Central de încercări mecanice al "S.C. ROMAN Autocamioane" S.A Braşov.* Drept mediul de răcire s-a utilizat zăpada carbonică (CO_2 solid) iar drept fluidul de răcire s-a utilizat alcoolul etilic, asigurându-se obținerea în incintă a unor temperaturi de până la $-78,5^{\circ}\text{C}$ [29, 111]. Încercările de reziliență (KCV) s-au realizat în cadrul *Laboratorului Central de încercări mecanice al "S.C. ROMAN Autocamioane" S.A Braşov* (reziliența reprezentând aprecierea susceptibilității la ruperea fragilă a materialului) [93].
 - ✓ În vederea studierii transformărilor de fază în stare solidă la temperaturi scăzute (-150°C), s-a utilizat *echipamentul de analiză termică "DSC 200 F3 Maia" folosit la analiza calorimetrică diferențială (DSC)*, echipament aflat în Centrul de Cercetare C08: "Tehnologii și materiale avansate metalice, ceramice și compozite" din Institutul de Cercetare-Dezvoltare - ICDDT al Universității Transilvania din Braşov.





Tabelul 2.5 Materialele utilizate în cadrul cercetărilor experimentale [40]

Compoziția chimică [%]		C	Si	Mn	P	S	Mg	Cr	Ni	Mo	Co	W	Cu
Oțel inoxidabil* En-1.4848	Standard	0,3~0,5	1-2,5	≤2	≤0,04	≤0,030	-	24-27	11-14	≤0,5	-	-	-
	Experimente	0,40	1,37	0,90	0,03	0,035	-	24,10	21,90	0,72	6,15	1,80	0,30
Oțel C45** EN-1.0503	Standard	0,43-0,50	≤0,4	0,5-0,8	≤0,045	≤0,045	-	-	≤0,4	-	-	-	-
	Experimente	0,47	0,2	0,69	0,021	0,021	-	-	-	-	-	-	-
Fgn*** EN-GJS-450-10	Standard	3,25~3,7	2,4-3,0	0,1-0,3	≤0,08	≤0,02	0,04-0,07	-	-	-	-	-	-
	Experimente	3,63	2,68	0,45	0,012	0,0036	0,06	-	0,24	0,45	-	-	0,19

* conform EN-10295:2002--Heat resistant steel castings [107, 125, 129]

** conform EN-10295:2002--Heat resistant steel castings [107, 125, 127, 130]

*** conform EN-1563:2011--Founding-Spheroidal graphite cast iron [102, 107, 117, 125]





Tabelul 2.6 Variante experimentale de utilizare a energiei solare și electrice pentru studiul comportamentului la temperaturi scăzute al aliajelor speciale

Varianta experimentală	Material	Energia utilizată		Tratamentul termic aplicat
		Solară	Electrică	
V1	Oțel inoxidabil EN-1.4848	X	X	1. Călire de punere în soluție 2. Menținere criogenică (-150°)





2.3.3.1 Contribuţii privind comportarea la temperaturi scăzute (- 150°C) a oţelului inoxidabil EN 1.4848, tratat termic în cuptorul solar şi electric (Varianta V1)

- Încercările specifice Calorimetriei diferenţiale (DSC - Scanare Calorimetrică Diferenţială) la temperaturi scăzute (- 150°C) s-au realizat pe epruvete din oţel inoxidabil EN 1.4848; s-a prelevat o miniprobă care a fost introdusă în capsula specifică **instalaţiei "DSC 200 F3 Maia"**.
- Rezultatele obţinute în timpul desfăşurării fiecărui experiment în parte, au fost interpretate cu ajutorul **softului "NETZCH Proteus"** cu care este dotat echipamentul. Au fost determinate peak-urile, atât pe curba de răcire cât şi pe cea de încălzire cât şi valorile entalpiilor de transformare.



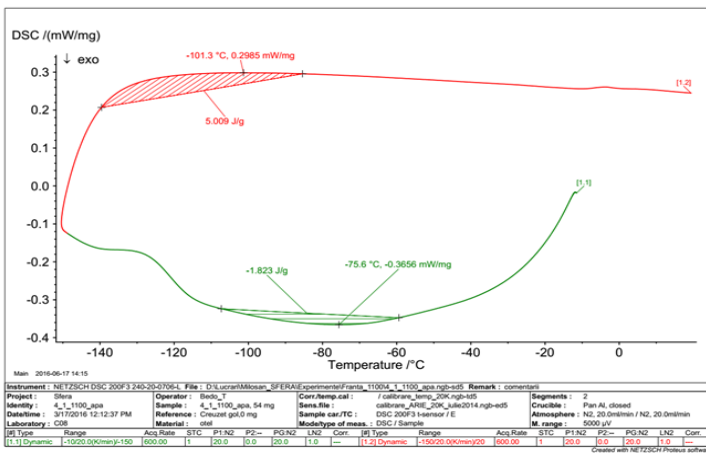


Fig. 2.30 Analiza DSC pentru proba V1.a. (încălzire în cuptorul solar la 1100°C urmată de răcirea în apă, oțel EN 1.4848)

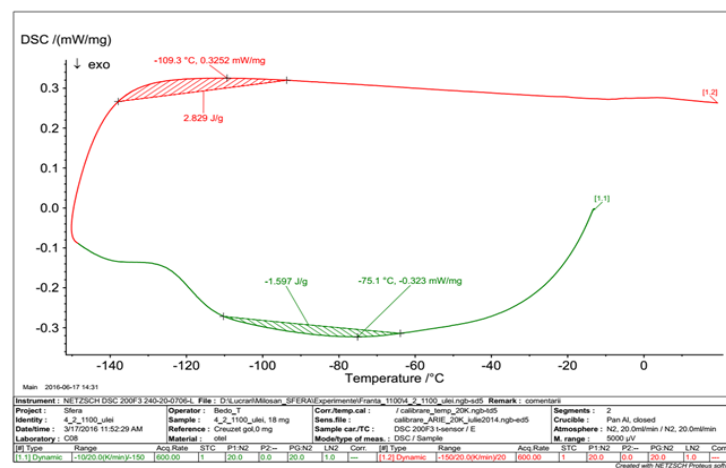


Fig. 2.31 Analiza DSC pentru proba V1b. (încălzire în cuptorul solar la 1100°C urmată de răcirea în ulei, oțel EN 1.4848)

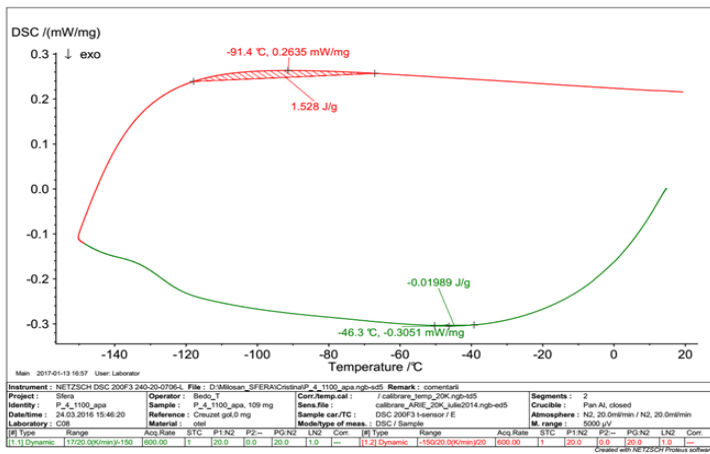


Fig. 2.32 Analiza DSC pentru proba V1.c. (încălzire în cuptorul electric la 1100°C urmată de răcirea în apă, oțel EN 1.4848)

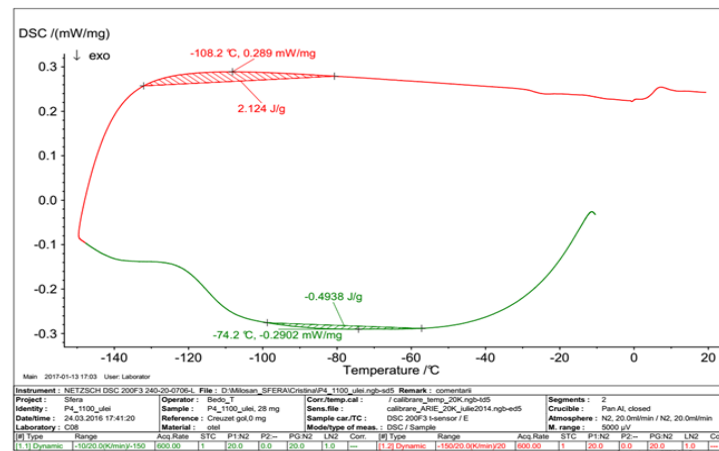


Fig. 2.33 Analiza DSC pentru proba V1.d. (încălzire în cuptorul electric la 1100°C urmată de răcirea în ulei, oțel EN 1.4848)

Tabelul 2.10 Analiza comparativă a rezultatelor specifice calorimetriei diferențiale (DSC)

Parametru		Răcire cu apă		Răcire cu ulei	
		Solar V1a	Electric V1c	Solar V1b	Electric V1d
Răcire	Peak [°C]	-75,6	-46,3	-75,1	-74,2
	Enthalpy [J/g]	-1,823	-0,019	-1,597	-0,493
Încălzire	Peak [°C]	-101,3	-91,4	-109,3	-108,2
	Enthalpy [J/g]	5,009	1,528	2,829	2,124



Concluzii

Analiza comparativă privind comportarea la temperaturi scăzute (- 150°C) a oţelului inoxidabil EN 1.4848, tratat termic în cuptorul solar şi electric (Varianta V1) scoate în evidenţă următoarele aspecte:

✓ indiferent de mediul de răcire (apă sau ulei), temperatura la care apare peak-ul scade la probele încălzite în cuptorul solar comparativ cu cele încălzite în cuptorul electric;

✓ concomitent cu scăderea temperaturii la care apare formarea vârfulor (peak-urilor), se observă şi o creştere a entalpiei fapt ce *demonstrează că prin aplicarea tratamentului termic utilizând energia solară, stabilitatea materialului la temperaturi scăzute creşte comparativ cu rezultatele obţinute prin aplicarea tratamentului termic utilizând energia electrică.* Apariţia vârfulor (peak-urilor) este semnul apariţiei unei transformări de fază în stare solidă.

✓ valorile relativ mici ale variaţiilor observate pe curbele DSC, demonstrează faptul că oţelul analizat (EN 1.4848) nu prezintă nici un fel de transformări de fază în stare solidă până la temperaturi negative de -75°C .

✓ comportarea bună la temperaturi scăzute a acestui oţel prezentată în literatura de specialitate [70, 99] este confirmată de rezultatele acestei cercetări, explicaţia acestei bune comportări la temperaturi scăzute fiind faptul că acest oţel conţine un procent ridicat de nichel (21,90%), element puternic austenitogen, care face ca în structură, faza austenitică să fie stabilă chiar şi la temperaturi foarte joase, nichelul realizând coborârea mult sub zero a punctului de transformare M_s (punctul la care în structură apare martensita).



Diseminarea rezultatelor

▣ **Rezultatele cercetărilor privind comportamentul la temperaturi scăzute al aliajelor speciale tratate termic, s-au concretizat în publicarea unui capitol într-o carte (unic autor) cât și a unor lucrări publicate în țară cât și în străinătate, în reviste sau la conferințe de specialitate:**

✓ **Milosan, I.**, Title: *Manufacture of cryogenic materials used in automotive industry*, WORLD CONFERENCE ON BUSINESS, ECONOMICS AND MANAGEMENT (BEM-2012, Antalya, Turcia), Book Serie s: Procedia Social and Behavioral Sciences, Volume: 62, Pages: 711-715 Published: 2012. Accession Number: WOS:000319841600115.

✓ **Milosan, I.**, *The Behaviour of the Low Temperatures of a Chromium-Nickel-Copper S.G. Cast Iron*, 16th International Conference on Modern Technologies, Quality and Innovation - MODTECH 2012 Sinaia, Romania, Proceeding, vol II, pag. 585-588, ISSN: 2069-6736, Published:2012, Accession Number: WOS:000392261800147.

✓ **Miloşan I.** (2011): *Study About the Influence of Cryogenic Treatment on the Impact Strength Properties of C45 Steel*, RECENT, Vol. 12, no. 1(31), p. 50-54.

Alte realizări:

✓ **Grant FP7-INFRA-312643 cod P1502060091: *Using the solar energy to heat treatments of special alloys resistant to low temperatures*, Acronyme: SE-HTRLT, finantator: Uniunea Europeană, CIEMAT-PSA, Loc de desfășurare: CNRS-PROMES, Font-Romeu, Franța. 2015, Funcția: Director, valoare: 7613,80 Euro.**



2.4 Cercetări privind comportamentul tribologic al aliajelor speciale tratate termic utilizând energia solară și electrică

Procesele studiate în acest caz au fost:

a) uzarea, cu indicatorii specifici:

- ✓ *coeficientul de frecare dinamic " μ " (util în aprecierea rezistenței la uzare a materialelor);*
- ✓ *coeficientul de uzare, "k";*
- ✓ *profilul urmei de uzare;*

b) nanaoindentare, utilizată cu scopul de a da informații suplimentare privind proprietățile mecanice, informații care să completeze studiul privind comportamentul tribologic al materialului studiat, fiind determinate:

- ✓ *nanoduritatea prin indentare " H_{IT} ";*
- ✓ *modulul de elasticitate " E_{IT} ";*
- ✓ *microduritatea "HV".*

2.4.2.1 Aparatura utilizată în cadrul cercetărilor



Universitatea
Transilvania
din Braşov
FACULTATEA DE ŞTIINŢA
ŞI INGINERIA MATERIELELOR

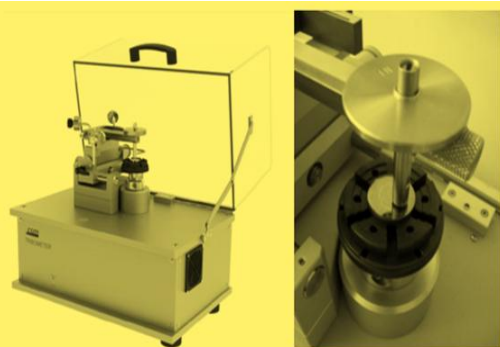


Fig. 2.41 Tribometru rotativ (CSM-Instruments) utilizat pentru determinarea comportamentului tribologic al probelor [14, 26]

Pe post de cuplă de frecare în contact cu stratul analizat s-a utilizat o bilă din nitrură de siliciu cu diametrul 6 mm [14, 26]. Aria profilului urmei de uzare a fost determinată cu ajutorul unui profilometru de tip Taylor-Hobson Surtronic 25.

Modul pentru nanoindentare CSM-Instruments (NHT-2)
(determinarea durităţii şi a modulului de elasticitate)

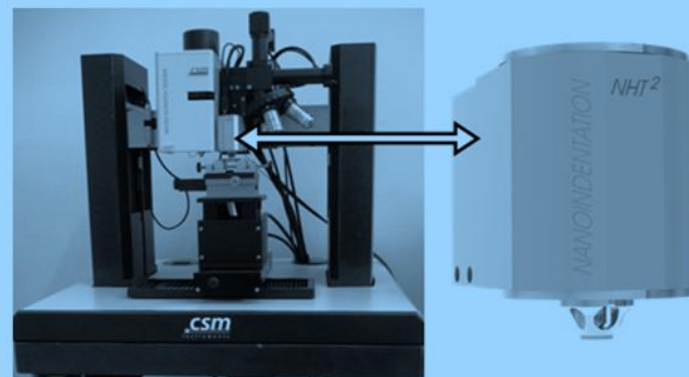


Fig. 2.43 Platforma compactă (stg.), modulul pentru nanoindentare (dr.) [14, 26]

Sarcina maximă a aparatului este de 500mN, iar sarcina minimă aplicată indentorului este sub 0,05mN.

2.4.2.2 Materialele utilizate în cadrul cercetării

Tabelul 2.12 Materiale utilizate în cadrul cercetărilor experimentale

Aliaje studiate		C	Si	Mn	P	S	Mg	Cr	Ni	Mo	Cu
Oţel-inoxidabil En-1.4136	Standard*	0.5-0.9	≤2	≤1	≤0.045	≤0.030	-	27-30	-	2-2.5	
	Experiment	0,73	1,50	0,56	0,030	0,030	-	26	1,50	2,05	0,30
Oţel-inoxidabil En-1.4848	Standard**	0.3-0.5	1-2.5	≤2	≤0.040	≤0.030	-	24-27	11-14	≤0.5	-
	Experiment	0,32	1,10	0,50	0,030	0,025	-	25.60	20.90	0.70	0,14
Fgn aliată cu Ni-Cu EN-GJS-450-10	Standard***	3,25-3,7	2,4-3,0	0,1-0,3	≤0,08	≤0,02	0,04-0,07	-	-	-	-
	Experiment	3,48	2,88	0,40	0,012	0,003	0,05	-	0,54	-	0,42

* conform EN-10295:2002 - Heat resistant steel castings [107, 125, 130]

** conform EN-10295:2002 - Heat resistant steel castings [107, 125, 127, 129]

*** conform EN-1563:2011 - Founding-Spheroidal graphite cast iron [102, 107, 117, 125]



2.4.3 Modul de lucru

Tabelul 2.13: Variantele experimentale de utilizare a energiei solare și electrice în studiul

comportamentului tribologic al aliajelor speciale

Varianta experimentală	Material	Energia utilizată		Tratamentul termic aplicat
		Solară	Electrică	
V1	Oțel inoxidabil EN-1.4136 EN-1.4848	X	-	Călire de punere în soluție

Tabelul 2.14: Parametrii tehnologici specifici variantei experimentale V1 aplicată oțelurilor inoxidabile EN-1.4136 și EN-1.4848

Material	Lot	Energia utilizată	Tratament termic			
			τ_i [min]	t_A [°C]	τ_A [min]	mediu răcire
EN-1.4136	A	Solară	20	1050	7	apă
	B		33		21	
EN-1.4848	A		20		7	
	B		33		21	

unde:

τ_i este timpul de încălzire în cuptorul solar până la temperatura de austenitizare, [min];

t_A este temperatura de austenitizare, [°C];

τ_A este timpul de menținere la temperatura de austenitizare, [min];

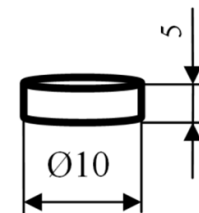
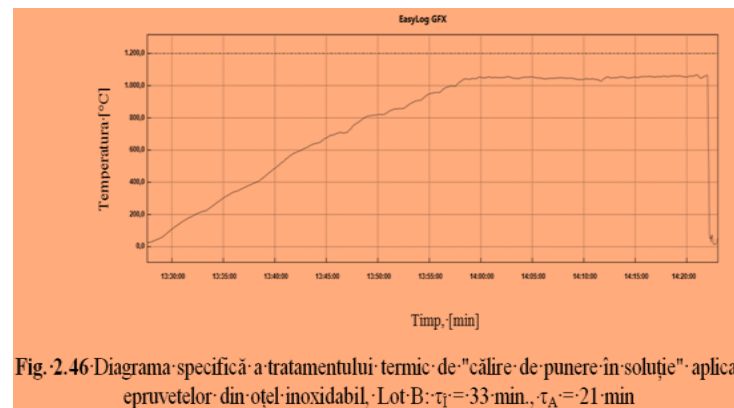
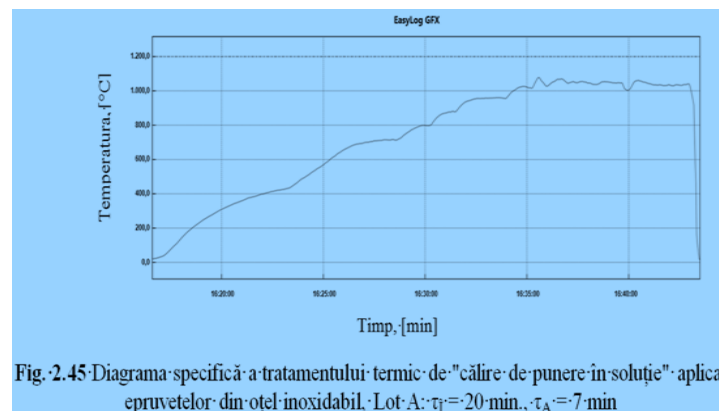


Fig. 2.44: Epruvete din oțel inoxidabil pentru determinarea comportamentului tribologic.





2.4.4.1 Contribuţii privind studiul coeficientul de frecare dinamic specific oţelurilor inoxidabile EN 1.4136 şi EN 1.4848 (varianta tehnologică V1)

Studiul comportamentului tribologic specific oţelurilor inoxidabile s-a efectuat cu ajutorul tribometrului rotativ (vezi fig. 2.41).

Parametrii tribologici:

Modulul tribometric: Versiunea 4.4.K

- viteza liniară: 10.00 [cm/s];
- sarcina aplicată cuplei de frecare: 5 [N];
- distanţa D (stop-condit.): 20 [m];
- frecvenţa de achiziţie: 10 [Hz];
- raza urmei de uzare: 3,5 [mm].

Partener static în determinări:

- cupla de frecare: bilă Si_3N_4 cu diametru de 6 mm;
- s-a curăţat înaintea determinărilor cu: Etanol.

Epruvetele:

- realizate din oţel inoxidabil: EN 1.4136 şi EN 1.4848 (vezi fig. 2.44);
- s-au curăţat înaintea determinărilor cu: Isopropanol.

Mediu de lucru:

- Temperatura: 24.00 [$^{\circ}\text{C}$];
- Umiditatea relativă: 32.00 [%].

Tabelul 2.15 Valorile coeficienţilor de frecare dinamici specifici oţelurilor EN 1.4136 şi EN 1.4848

Marca Oţel	Proba	Lot	τ_A [min]	Coeficienţi de frecare dinamici, μ			
				μ_{\min}	μ_{\max}	μ_{mediu}	Abaterea standard
EN 1.4136	1	A	7	0,216	0,802	0,585	0,106
	2	B	21	0,128	0,580	0,304	0,161
EN 1.4848	3	A	7	0,107	0,744	0,633	0,047
	4	B	21	0,164	0,857	0,658	0,169



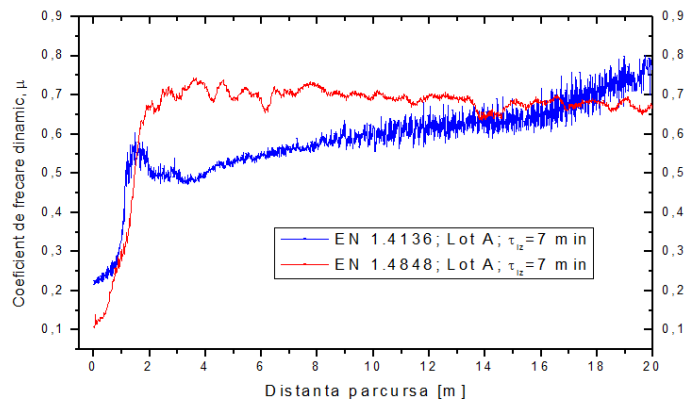


Fig. 2.53 Comparație privind variația coeficientului de frecare dinamic funcție de distanța parcursă în timpul experimentelor în cazul oțelurilor EN 1.4136 și EN 1.4848 (Lot A; $\tau_A = 7$ min)

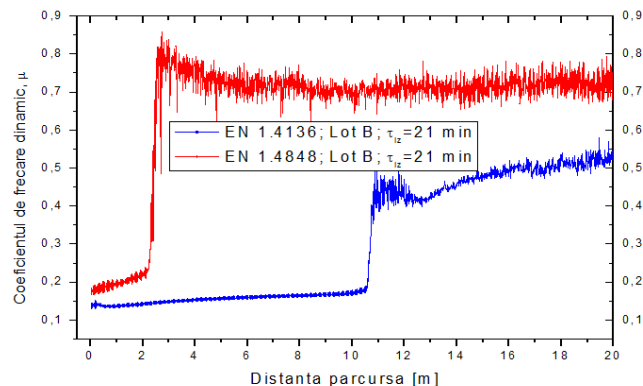


Fig. 2.54 Comparație privind variația coeficientului de frecare dinamic funcție de distanța parcursă în timpul experimentelor în cazul oțelurilor EN 1.4136 și EN 1.4848 (Lot B; $\tau_A = 21$ min)

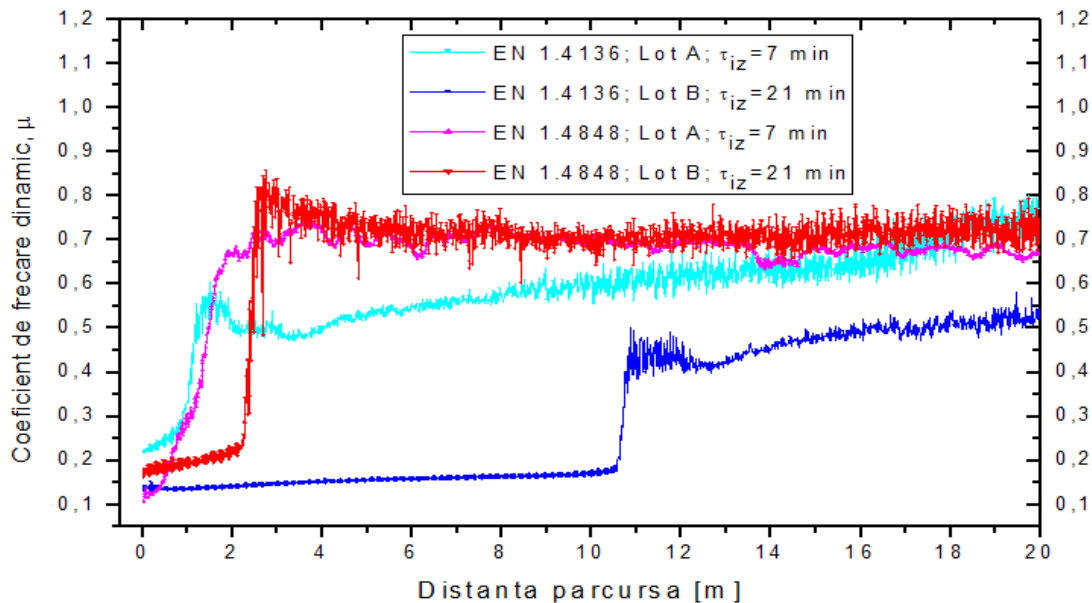


Fig. 2.57 Comparație privind variația coeficientului de frecare dinamic în funcție de distanța parcursă în timpul experimentelor în cazul oțelurilor EN 1.4136 și EN 1.4848 (lot A; $\tau_A = 7$ min; lot B; $\tau_A = 21$ min)





2.4.4.2 Contribuţii privind studiul coeficientului de uzură specific oţelurilor inoxidabile EN 1.4136 şi EN 1.4848 (varianta tehnologică V1)

Tabelul 2.16 Valorile medii ale coeficientului de uzură funcţie de parametri tehnologici

Marca oţel	Proba	Lot	τ_A [min]	Coeficient de uzură, k_{mediu} [mm ³ /Nm] · x · 10 ⁻⁴
EN 1.4136	1	A	7	1,1625
	2	B	21	0,7108
EN 1.4848	3	A	7	3,992
	4	B	21	5,269

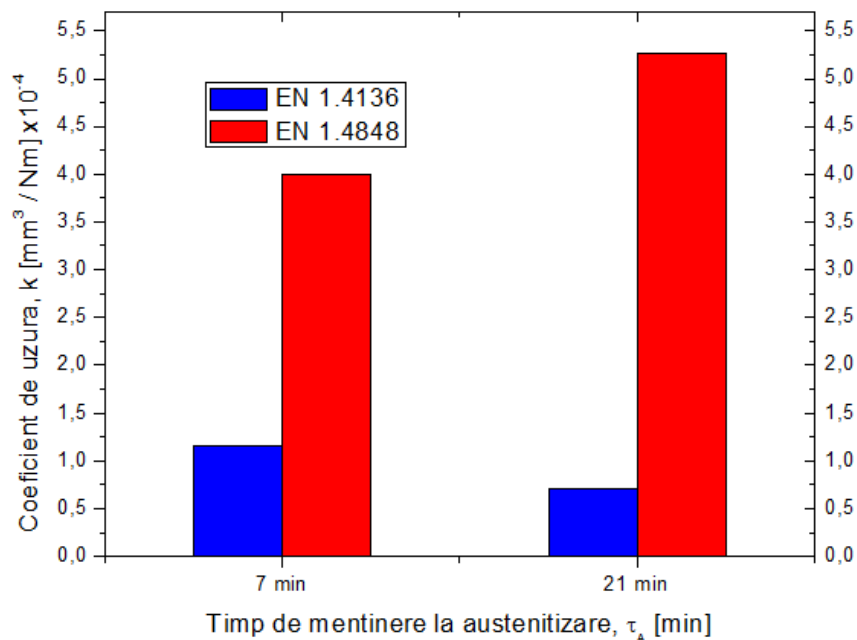


Fig. 2.62 Variaţia coeficientului de uzură în funcţie de parametri tehnologici ai experimentelor





2.4.4.3 Contribuţii privind tehnici avansate de testare pentru determinarea caracteristicilor tribomecanice.

Nanoindentarea

Nanoindentarea oferă informaţii despre **duritatea (H_{IT})** şi **modulul de elasticitate (E_{IT})**, folosind tehnici avansate de testare, asigurând astfel o soluţie în determinarea caracteristicilor tribomecanice ale suprafeţei unui material, fără nici un compromis [7].

S-au realizat predicţii [14, 26], care au completat cu date importante, caracterizarea materialelor cercetate, cu privire la:

- **rezistenţa la uzare**, prin determinarea raportului " H/E ";
- **rezistenţa la deformare plastică**, prin determinarea raportului " H^3/E^2 ";
- **corelaţia dintre coeficientul de uzare " k " şi nanoduritatea prin indentare " H_{IT} "**.

Parametrii specifici acestor determinări au fost:

Modulul pentru nanoindentare: NHT-2

- sarcina maximă de apăsare a indenterului: 250 [mN];
- viteza de încărcare: 500 [mN/min];
- viteza de descărcare: 500 [mN/min];
- frecvenţa de achiziţie: 10.0 [hz].

Indentor:

- Tip: Berkovich, piramidă cu trei feţe;
- Material: diamant.

Epruvetele:

- realizate din oţel inoxidabil:
EN 1.4136 şi EN 1.4848.

Mediu de lucru:

- Temperatura: 24.00 [$^{\circ}$ C];
- Umiditatea relativă: 32.00 [%].



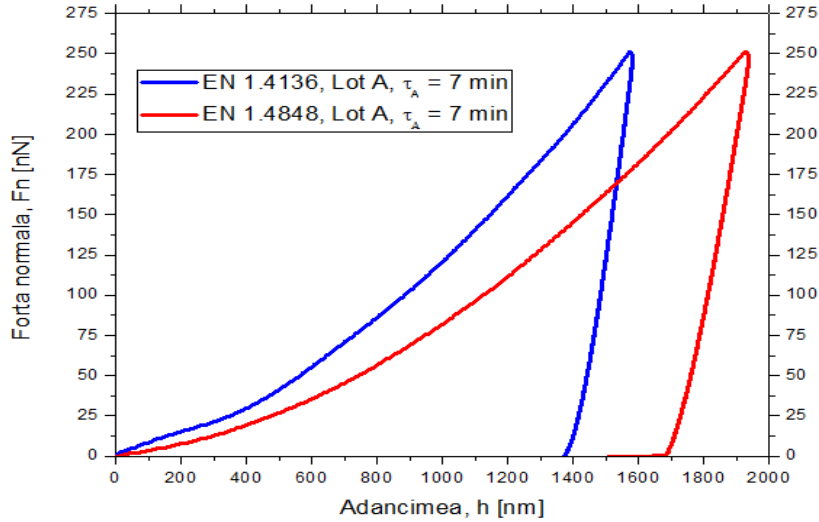


Fig. 2.70-Curba de sarcină încărcare/descărcare pentru ambele oţeluri studiate

(EN 1.4136, EN 1.4848, Lot A, $\tau_A = 7$ min.)

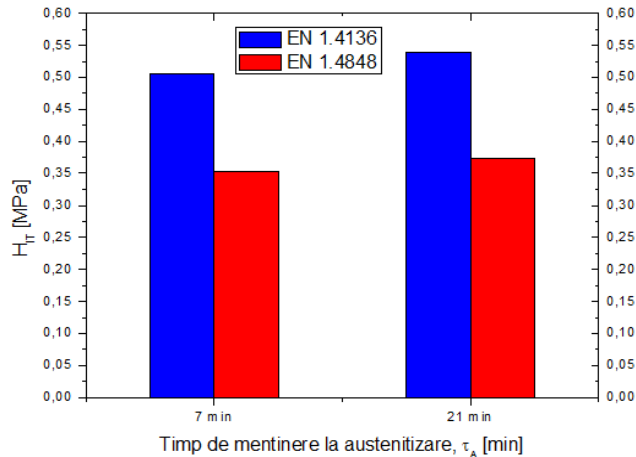


Fig. 2.78-Variaţia durtăţii obţinută prin indentare (H_{Tr}) în funcţie de parametrii tehnologici ai încercării specifice oţelurilor EN 1.4136 şi EN 1.4848

(Lot A: $\tau_A = 7$ min, Lot B: $\tau_A = 21$ min.)

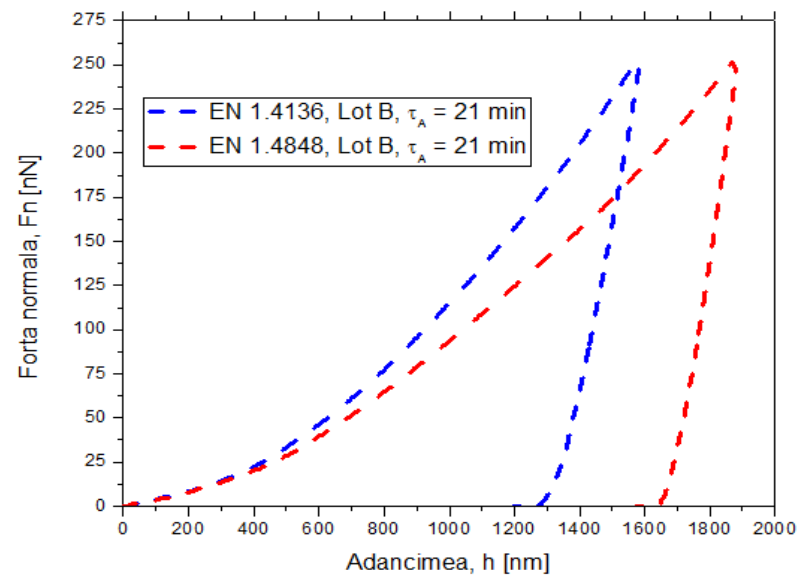


Fig. 2.77-Curba de sarcină încărcare/descărcare pentru ambele oţeluri studiate

(EN 1.4136, EN 1.4848, Lot B: $\tau_A = 21$ min.)

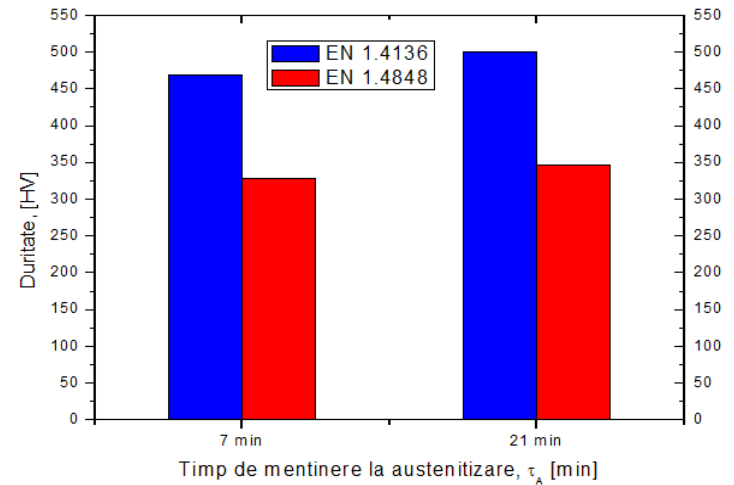


Fig. 2.79-Variaţia durtăţii (HV) în funcţie de parametrii

tehnologici ai încercării specifice oţelurilor EN 1.4136 şi EN 1.4848

(Lot A: $\tau_A = 7$ min, Lot B: $\tau_A = 21$ min.)

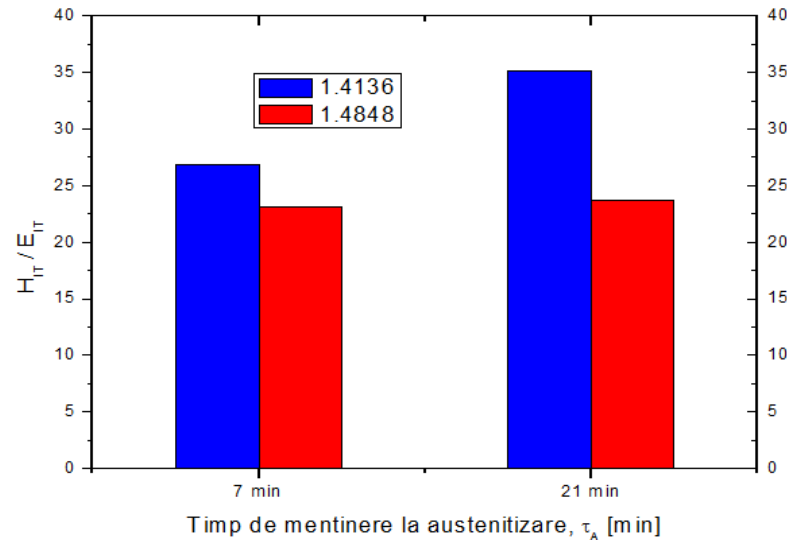


Fig. 2.80-Predicție privind rezistența la uzură (H/E) în funcție de parametri tehnologici ai încercării specifici oțelurilor EN 1.4136 și EN 1.4848 (Lot A: $\tau_A=7$ min, Lot B: $\tau_A=21$ min.)

Tabelul 2.17 Coeficientul de uzură " k_{mediu} " și nanoduritatea prin indentare " $H_{IT\text{-mediu}}$ " în funcție de parametri tehnologici specifici oțelurilor EN 1.4136 și EN 1.4848

Marca Oțel	Proba	Lot	τ_A [min]	Coeficient de uzură, k_{mediu} [mm^3/Nm] $\cdot 10^{-4}$	Duritate indentare $H_{IT\text{-mediu}}$ [GPa]
EN-1.4136	1	A	7	1,1625	5,058
	2	B	21	0,7108	5,392
EN-1.4848	3	A	7	3,992	3,922
	4	B	21	5,269	3,559





Concluzii

■ *Cercetările experimentale privind comportamentul tribologic al oţelurilor EN 1.4136 şi EN 1.4848 tratate termic utilizând energia solară evidenţiază următoarele aspecte:*

✓ epruvetele din oţelul EN 1.4136 au un coeficient de uzură mai redus decât epruvetele din oţelul EN 1.4848, rezultând faptul că **oţelul EN 1.4136 are o rezistenţă la uzare mai bună decât oţelul EN 1.4848.**

✓ un timp de menţinere la austenitizare mai îndelungat ($\tau_A = 21$ minute, lotul B) comparativ cu un timp de menţinere la austenitizare mai scăzut ($\tau_A = 7$ minute, lotul A), duce la obţinerea unor valori mai scăzute ale coeficientului de frecare dinamic şi implicit a unei rezistenţe la uzare superioare, fapt remarcat la ambele mărci de oţeluri.





Diseminarea rezultatelor

▣ **Rezultatele cercetărilor privind comportamentul tribologic al aliajelor speciale tratate termic, s-au concretizat în publicarea unui capitol într-o carte (unic autor) cât și a unor lucrări publicate în țară cât și în străinătate, în reviste sau la conferințe de specialitate:**

✓ **Milosan, I.,** *The manufacturing of a special wear-resistant cast iron used in automotive industry*, 2nd World Conference on Business, Economics and Management (BEM-2013, Antalya, Turcia). Book Serie s: Procedia Social and Behavioral Sciences, Volume: 109, Pages: 610-613. Published: 2014. Accession Number: WOS:000335570200104.

✓ **Milosan, I.,** *The influence of the heat treatment's parameters over the real surface contact of a bainitic s.g. cast iron's wear*. Metalurgia International, v. 15; Issue: 8; p.. 31-33; ISSN: 1582-2214, Published: 2010, Accession Number: WOS:000277598900007.

Alte realizări:

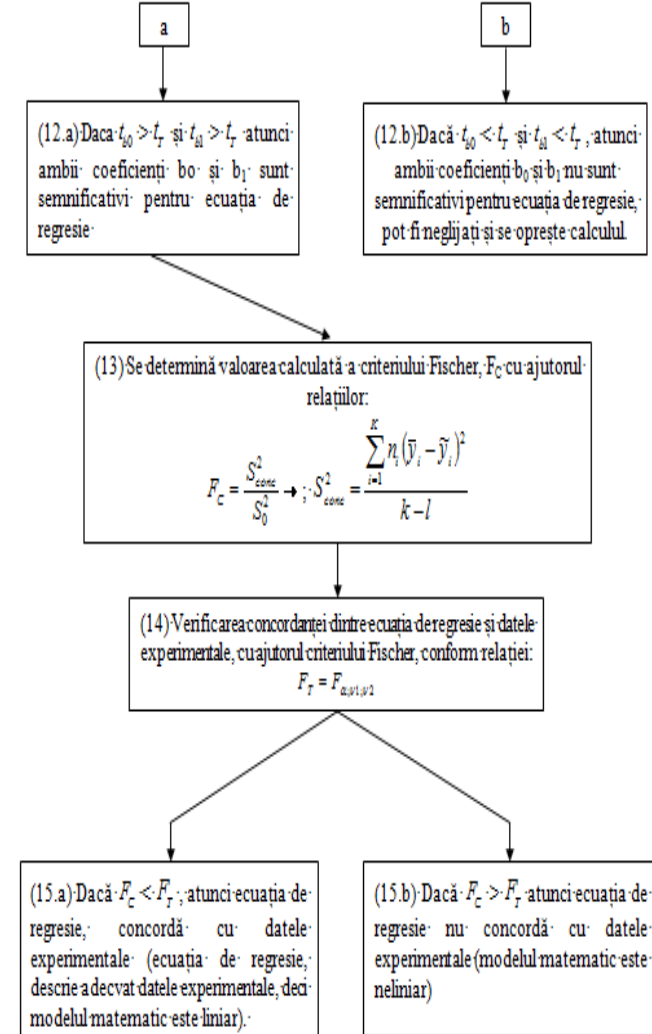
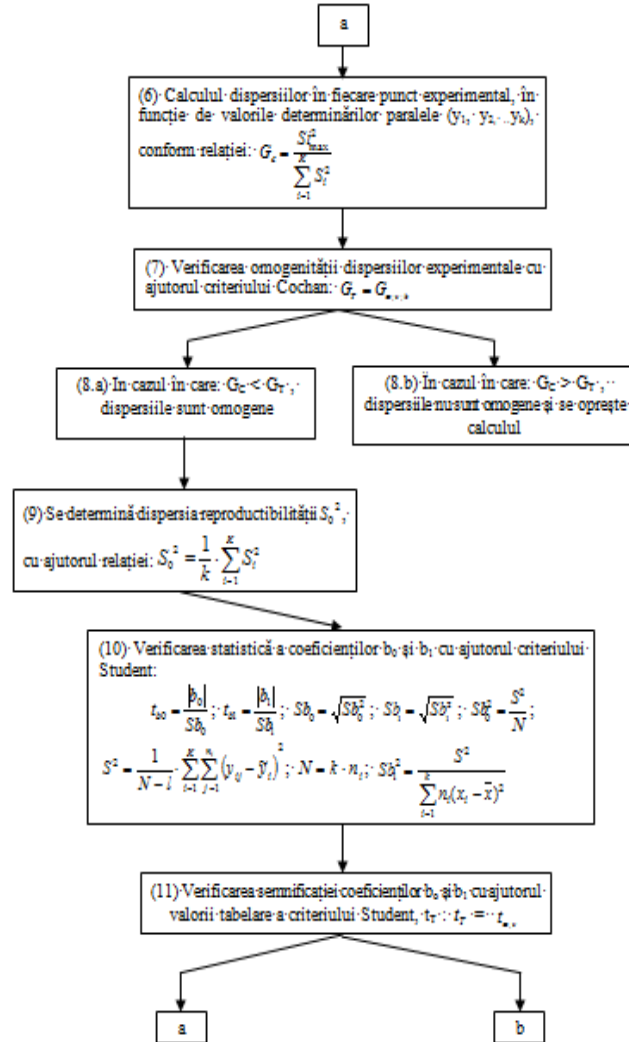
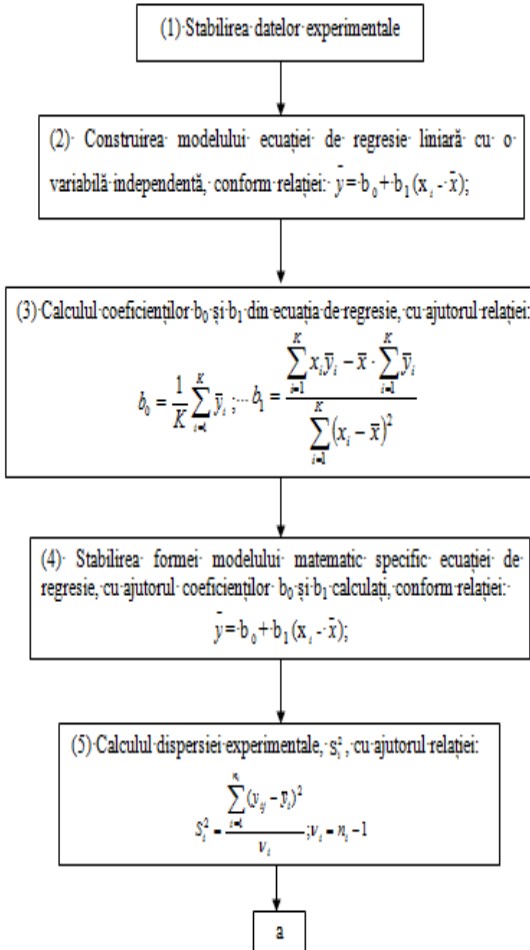
✓ **Grant FP7-INFRA-312643 cod P1512200152: Researches regarding the influence of the heat treatments with solar energy over the wear resistant steels properties**, Acronyme: **RESOL-WEAR**, finantator: **Uniunea Europeană, CIEMAT-PSA**, Loc de desfășurare: **CNRS-PROMES, Font-Romeu, Franța, 2016**, Funcția: **Director**, valoare: **15468,93 Euro**.



3. PRELUCRAREA PRIN ANALIZĂ STATISTICĂ, MODELARE MATEMATICĂ ŞI OPTIMIZARE A DATELOR EXPERIMENTALE

3.2 Modelarea matematică prin experiment clasic

Etapile de calcul specifice analizei statistice a ecuației de regresie sunt [85, 86]:





3.2.1. Contribuţii privind analiza statistică a ecuaţiei de regresie

Pe baza etapelor de calcul prezentate, în cadrul activităţii de cercetare proprii, *a fost realizat un instrument software original în limbajul C++ pentru rezolvarea calculelor referitoare la analiza statistică a ecuaţiei de regresie*. Acest instrument software este destinat a fi *folosit cu succes atât în activitatea de cercetare cât şi-n activitatea didactică*, având posibilitatea verificării concordanţei dintre datele experimentale obţinute şi modelul matematic rezultat în urma parcurgerii etapelor specifice de lucru [56]

Tabelul 3.4 Rezultatele experimentale analizate [56]

Puncte experimentale	Variabila procesului τ_{iz} [min]	Media aritmetică a variabilelor procesului \bar{x}_i	Performanţele procesului, KCU [J/cm ²]		
			y_{ij} (determinări paralele)		
k	x_i		y_1	y_2	y_3
1	10	35	22	24	23
2	20		28	26	27
3	30		32	30	31
4	40		35	36	35
5	50		38	39	39
6	60		41	43	43



Tabelul 3.5 Programarea experimentului pe baza analizei de regresie (calcul clasic) [56]

Nr. exp K	Variabila x_i	\bar{x}	Performanţa procesului				$x_i \bar{y}$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(y_i - \bar{y}_i)^2$	S_i^2	\bar{y}_i	$(y_i - \bar{y}_i)^2$	$(\bar{y} - \bar{y}_i)^2$
			y_1	y_2	y_3	\bar{y}_i							
1	10	35	22	24	23	23	230	625	2	1	23,164	1,472	0,027
2	20		28	26	27	27	540	225	2	1	27,054	2,298	0,003
3	30		32	30	31	31	930	25	2	1	30,944	2,009	0,003
4	40		35	36	35	35,334	1413,32	25	0,667	0,334	34,834	1,416	0,25
5	50		38	39	39	38,667	1933,3	225	0,667	0,334	38,724	0,205	0,003
6	60		41	43	43	42,334	2539,98	625	2,667	1,334	42,614	2,903	0,078
Σ						197,335	7586,6	1750	10,001	5,002	197,334	10,303	0,364

Tabelul 3.6 Programarea experimentului pe baza analizei de regresie (cu ajutorul instrumentului software) [56]

```

output_Milosan_AFASES_2015 - Notepad
File Edit Format View Help
Linear regression with an independent variable
=====
1. The regression equation (mathematical model): y = b0 + b1 * (x - x_average)

2. Calculation b0 and b1 coefficients.
=====
| 1 | 10.0000 | 35.0000 | 22.0000 | 24.0000 | 23.0000 | 23.0000 | 230.0000 | 625.0000 | 2.0000 | 1.0000 | 23.1746 | 2.0915 | 0.0305
| 2 | 20.0000 | 35.0000 | 28.0000 | 26.0000 | 27.0000 | 27.0000 | 540.0000 | 225.0000 | 2.0000 | 1.0000 | 27.0603 | 2.0109 | 0.0036
| 3 | 30.0000 | 35.0000 | 32.0000 | 30.0000 | 31.0000 | 31.0000 | 930.0000 | 25.0000 | 2.0000 | 1.0000 | 30.9460 | 2.0087 | 0.0029
| 4 | 40.0000 | 35.0000 | 35.0000 | 36.0000 | 35.0000 | 35.3333 | 1413.3333 | 25.0000 | 0.6667 | 0.3333 | 34.8317 | 1.4214 | 0.2516
| 5 | 50.0000 | 35.0000 | 38.0000 | 39.0000 | 39.0000 | 38.6667 | 1933.3333 | 225.0000 | 0.6667 | 0.3333 | 38.7175 | 0.6744 | 0.0026
| 6 | 60.0000 | 35.0000 | 41.0000 | 43.0000 | 43.0000 | 42.3333 | 2540.0000 | 625.0000 | 2.6667 | 1.3333 | 42.6032 | 2.8851 | 0.0728
b0 = 32.8889
b1 = 0.3886
Ymodel = 32.888889 + 0.388571 * (x - 35.000000)

```





```
C:\Windows\system32\cmd.exe
b0 = 32.8889
b1 = 0.388571
Sj2 = 5
Gc = 0.266667
So2 = 0.833333
tb0 = 167.587
tb1 = 33.8146
Fc = 0.327619
```

Fig. 3.1 Rezultatele analizei statistice a ecuaţiei de regresie calculate cu ajutorul instrumentului software [56]

Tabelul 3.7 Rezultatele analizei statistice a ecuaţiei de regresie, calculate prin cele două metode (clasică şi cu ajutorul instrumentului software în limbaj C++)

Mărimea calculată	Modul de calcul	
	Clasic*	C++
b_0	32,889	32,888889
b_1	0,389	0,388571
s_i^2	5	5
G_c	0,267	0,266667
s_0^2	0,834	0,833333
tb_0	173,1	167,587
tb_1	35,045	33,8146
F_c	0,327	0,327619
Model matematic	$\tilde{y} = 32,889 + 0,389 \cdot (x_i - 35)$ $\tilde{y} = 19,274 + 0,389 \cdot x_i$	$\tilde{y} = 32,888889 + 0,388571 \cdot (x_i - 35,0000)$ $\tilde{y} = 19,288905 + 0,388571 \cdot x_i$

* calculul s-a realizat cu trei zecimale





Concluzii

■ *Aplicațiile privind modelarea matematică prin experiment clasic (analiza statistică a ecuației de regresie) evidențiază următorul aspect general:*

✓ rezultatele calculate prin cele două metode sunt sensibil egale, mici diferențe se remarcă numai la calculul coeficienților " t_{b0} " și " t_{b1} ", aceste diferențe nepereclitând rezultatul final al studiului.

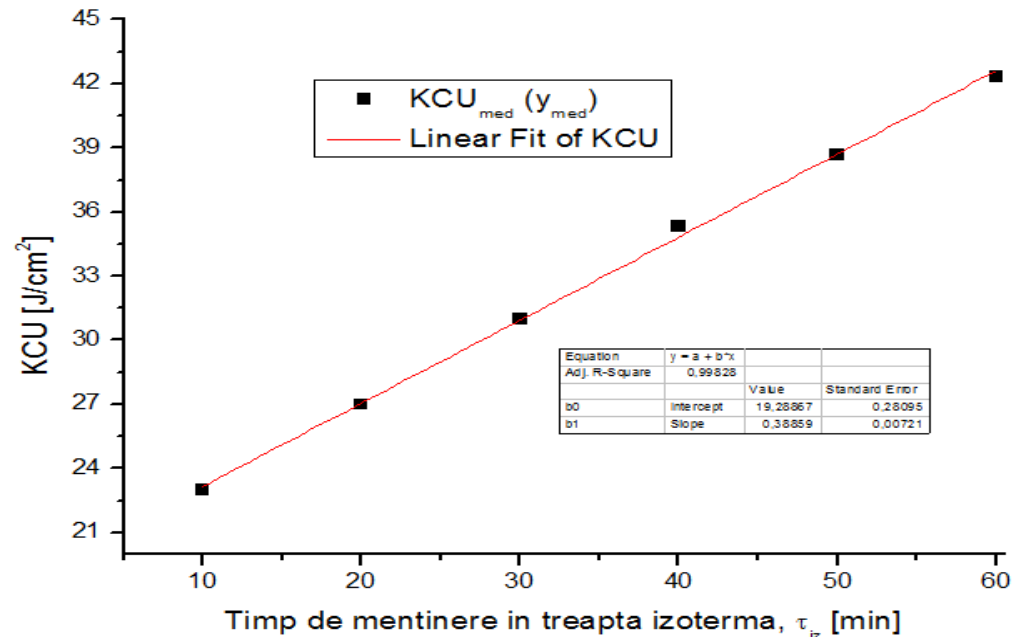


Fig. 3.2. Reprezentarea grafică a valorilor KCU_{med} corespunzătoare ecuației de regresie





Diseminarea rezultatelor

■ *Rezultatele cercetărilor privind modelarea matematică prin experiment clasic (analiza statistică a ecuaţiei de regresie) , s-au concretizat în publicarea unor articole în reviste sau la conferinţe de specialitate:*

✓ Seceleanu, D; **Milosan, I**; Dobrota, R., *Some aspects about the mathematical modeling results of a SG cast iron with special properties*, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 143-144, Pages: 175-178, Published: Dec. 20, 2003, WOS:000187510100035.

✓ **Milosan, I.**, *Mathematical modeling by using a C++ software*, The 17th International Conference "Scientific Research & Education in the Air Force", AFASES 2015, Scientific Research & Education in the Air Force (BDI), Vol. 2, p. 631-638, ISSN 2247-3173, 2015.

Alte realizări:

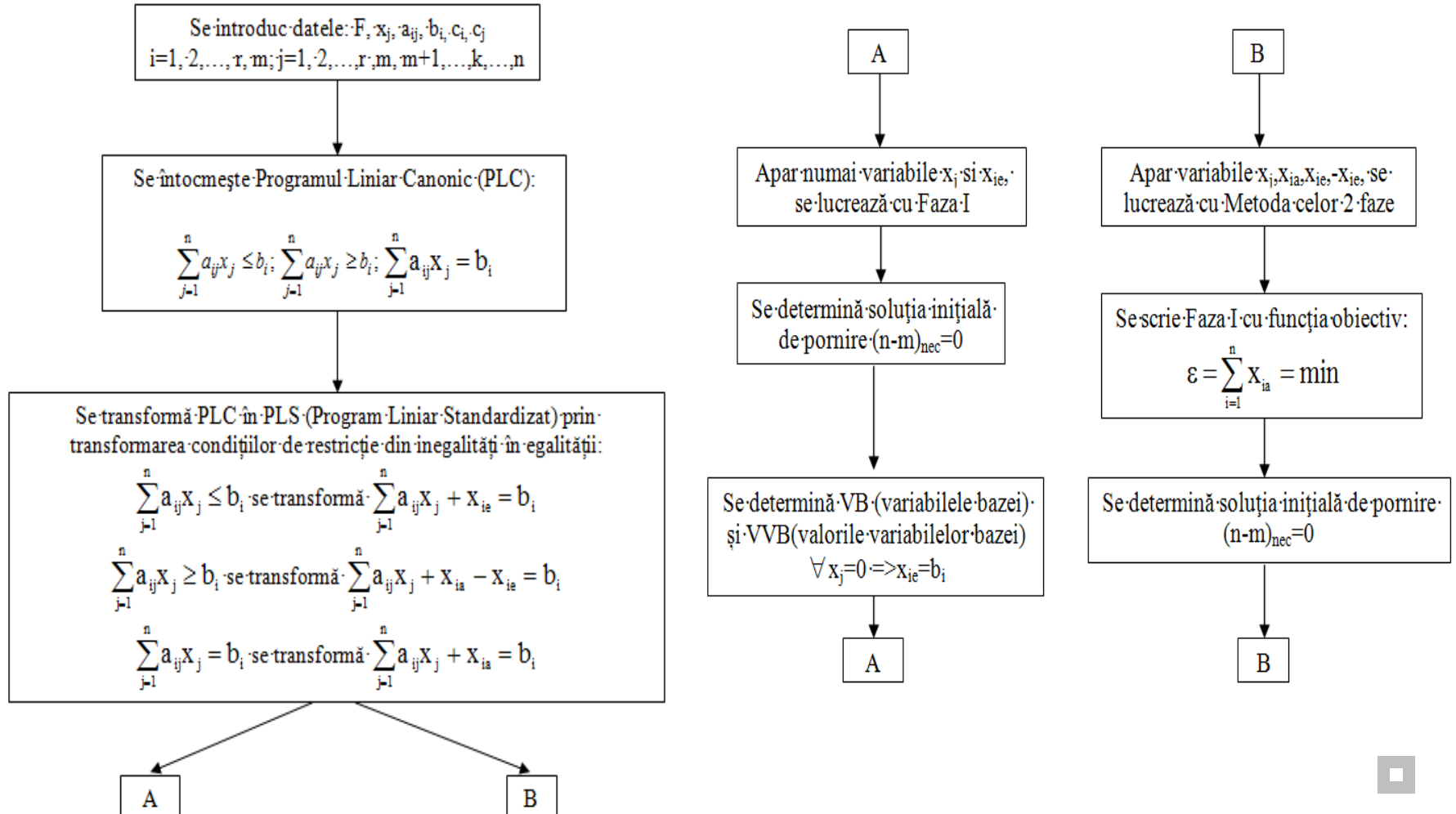
✓ CEEX 260/2006, *Modelarea matematica a proceselor care au loc la turnarea pieselor metalice in vederea reducerii consumurilor de materiale si energie (membru colectiv)*, Finantator: MEdCT, valoarea: 92357 lei, perioada: 2006-2008.

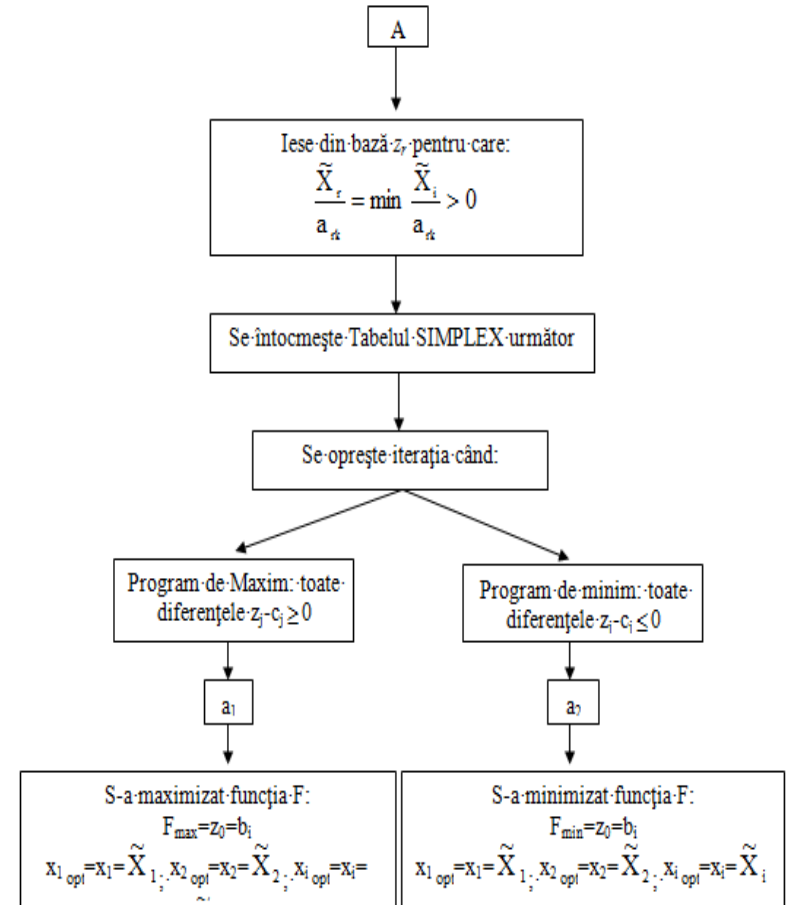
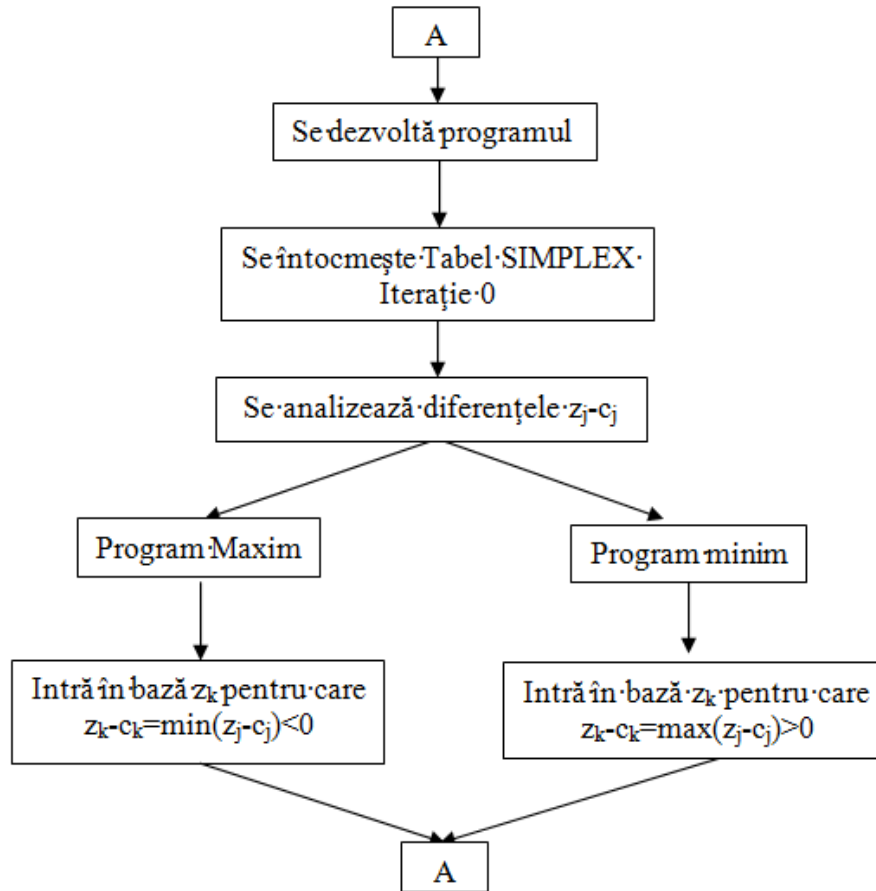




3.3. Optimizarea proceselor industriale

Etapele de calcul specifice optimizării cu restricție prin programare liniară, utilizând algoritmul Simplex, sunt următoarele:







B

Se întocmeşte programul SIMPLEX Faza I,

$$\varepsilon = \sum_{i=1}^n x_{ia} = \min$$

Se întocmeşte Tabel SIMPLEX
Faza I, Iterație "0"

B

B

Se analizează diferențele $z_j - c_j$

Program Maxim

Program minim

Intră în bază z_k pentru care
 $z_k - c_k = \min(z_j - c_j) < 0$

Intră în bază z_k pentru care
 $z_k - c_k = \max(z_j - c_j) < 0$

Iese din bază z_k pentru care:
 $\frac{\tilde{X}_k}{a_{ks}} = \min \frac{\tilde{X}_i}{a_{is}} > 0$

Se întocmeşte Tabelul
SIMPLEX următor

Se opreşte iterația când:

Program Maxim: toate
diferențele: $z_j - c_j \geq 0$

Program minim: toate
diferențele: $z_j - c_j \leq 0$

S-a maximizat funcția F:
 $F_{\max} = z_0 = b_1$
 $x_{1_{opt}} = x_1 = \tilde{X}_1$
 $x_{2_{opt}} = x_2 = \tilde{X}_2$
 $x_{i_{opt}} = x_i = \tilde{X}_i$

S-a minimizat funcția F:
 $F_{\min} = z_0 = b_1$
 $x_{1_{opt}} = x_1 = \tilde{X}_1$
 $x_{2_{opt}} = x_2 = \tilde{X}_2$
 $x_{i_{opt}} = x_i = \tilde{X}_i$

b_1

b_2

b_1

b_2

S-a minimizat funcția $\varepsilon = \sum_{i=1}^n x_{ia} = \min$

Se trece la Faza II, se lucrează pe funcția obiectiv F

Se maximizează sau minimizează funcția F

Se scrie: $F_{\max} = z_0 = b_1$; $F_{\min} = z_0 = b_1$

$$x_{1_{opt}} = x_1 = \tilde{X}_1$$

$$x_{2_{opt}} = x_2 = \tilde{X}_2$$

$$x_{i_{opt}} = x_i = \tilde{X}_i$$

□



3.3.1. Contribuţii privind optimizarea proceselor industriale prin programare liniară

În cadrul activităţii de cercetare cât şi-n activitatea didactică, s-a folosit cu succes un instrument software original scris în limbajul C++, bazat pe etapele specifice optimizării statice (staţionare) prin programare liniară cu ajutorul algoritmului Simplex, introducând facilitatea de programare, scris în C++, testat şi modificat de autor, acest program rezolvând probleme de optimizare cu grad mare de generalitate [57-62].

În cadrul experimentelor s-a avut în vedere realizarea tratamentului termic a 3 repere (R1, R2, R3) din oţel inoxidabil EN 1.4136, utilizând 3 linii de tratament termic (L1, L2, L3).

Tabelul 3.9-Datele specifice optimizării

Reper-oţel inoxidabil- EN-1.4136 Linie de TT	R1	R2	R3	Capacitatea maximă de tratament termic a liniilor-[u.m.]
L1 [u.m.]	1,3	0,5	1,1	8,5
L2 [u.m.]	0,5	0,9	1,8	9
L3 [u.m.]	0,8	1,3	0,6	8
Beneficiu unitar-[u.m.]	112	121	135	-

Observaţie:- valorile prezentate în tabelul 3.9 sunt orientative, fiind folosite la verificarea programului.

Cerinţa aplicaţiei: să se determine planul optim de producţie al secţiei de tratamente termice pentru cele 3 repere (R1, R2 şi R3) astfel încât beneficiul să fie maxim.





Funcția-obiectiv (funcția de optimizat este beneficiul maxim al societății):

$$F=112 \cdot x_1+121x_2+135x_3=\text{Maxim} \quad (4.3.)$$

Restricțiile problemei sunt:

$$\left\{ \begin{array}{l} 1,3x_1+0,5x_2+1,1x_3 \leq 8,5 \\ 0,5x_1+0,9x_2+1,8x_3 \leq 9 \\ 0,8x_1+1,3x_2+0,6x_3 \leq 8 \end{array} \right. \quad (4.4.)$$

$$\quad \quad \quad (4.5.)$$

$$\quad \quad \quad (4.6.)$$

Condițiile de nenegativitate:

$$x_1 \geq 0; x_2 \geq 0; x_3 \geq 0; \quad (4.7.)$$

```
E:\OPTIMIZARE\SimplexProgram1.exe
Numarul de variabile:3
x1=112
x2=121
x3=135
Program de minim <D/N>?N
Numarul de inecuatii:3
Inecuatia 1
  x1=1.3
  x2=0.5
  x3=1.1
  Termen liber: 8.5
  Semn: <=
Inecuatia 2
  x1=0.5
  x2=0.9
  x3=1.8
  Termen liber: 9
  Semn: <=
Inecuatia 3
  x1=0.8
  x2=1.3
  x3=0.6
  Termen liber: 8
  Semn: <=
```

Fig. 3.3 Datele de intrare ale algoritmului Simplex





Tabelul 3.10 Tabel Simplex - Faza I (Iterația 0 și 1)

Optimizare-Simplex-Otel EN 14136 - Notepad

File Edit Format View Help

Tabel Simplex - faza I (Iteratie 0)

\ Cj	VB	VVB	0	0	0	1.1e+002	1.2e+002	1.4e+002
Ci \			x1e	x2e	x3e	x1	x2	x3
0	x1e	8.5	1	0	0	1.3	0.5	1.1
0	x2e	9	0	1	0	0.5	0.9	1.8
0	x3e	8	0	0	1	0.8	1.3	0.6
	Zj	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Zj-Cj		0	0	0	-1.1e+002	-1.2e+002	-1.4e+002

Intra in baza: x3
Iese din baza: x2e

Tabel Simplex - faza I (Iteratie 1)

\ Cj	VB	VVB	0	0	0	1.1e+002	1.2e+002	1.4e+002
Ci \			x1e	x2e	x3e	x1	x2	x3
0	x1e	3	1	-	0	0.99	-0.05	0
1.4e+002	x3	5	0	-	0	0.28	0.5	1
0	x3e	5	0	-	1	0.63	1	0
	Zj	675.00	0.00	-	0.00	37.50	67.50	135.00
	Zj-Cj		0	-	0	-75	-54	0

Intra in baza: x1
Iese din baza: x1e

Tabelul 3.11 Tabel Simplex-Faza I (Iterația 2 și 3)

Tabel Simplex - faza I (Iteratie 2)

\ Cj	VB	VVB	0	0	0	1.1e+002	1.2e+002	1.4e+002
Ci \			x1e	x2e	x3e	x1	x2	x3
1.1e+002	x1	3	-	-	0	1	-0.05	0
1.4e+002	x3	4.2	-	-	0	0	0.51	1
0	x3e	3.1	-	-	1	0	1	0
	Zj	899.75	-	-	0.00	112.00	63.75	135.00
	Zj-Cj		-	-	0	0	-57	0

Intra in baza: x2
Iese din baza: x3e

Tabel Simplex - faza I (Iteratie 3)

\ Cj	VB	VVB	0	0	0	1.1e+002	1.2e+002	1.4e+002
Ci \			x1e	x2e	x3e	x1	x2	x3
1.1e+002	x1	3.2	-	-	-	1	0	0
1.4e+002	x3	2.6	-	-	-	0	0	1
1.2e+002	x2	3	-	-	-	0	1	0
	Zj	1071.15	-	-	-	112.00	121.00	135.00
	Zj-Cj		-	-	-	0	0	0

Intra in baza:
Iese din baza:
Functia = 1.1e+003
x1 = 3.2
x3 = 2.6
x2 = 3





Concluzii

■ *Aplicațiile privind optimizarea proceselor industriale prin programare liniară evidențiază următoarele aspecte:*

- ✓ După rularea programului, rezultatele obținute în urma optimizării prin programare liniară, utilizând algoritmului Simplex au fost:
 - valoarea optimă calculată (beneficiu): $z_0 = F_{\text{Max}} = 1071,15$ [u.m.], cu următoarele soluții ale planului optim de producție:
 - $x_{1 \text{ opt}} = 3,2$ (cantitatea de piese tratată termic, specifică reperului 1);
 - $x_{2 \text{ opt}} = 3$ (cantitatea de piese tratată termic, specifică reperului 2);
 - $x_{3 \text{ opt}} = 2,6$ (cantitatea de piese tratată termic, specifică reperului 3);
 - ✓ Se remarcă faptul că valoarea funcției de optimizat (z_0) crește, pornind de la 0 (specifică iterație 0), trece pe rând (conform fiecărei iterații în parte) la valorile: 675; 899,75 și în final la valoarea de 1071,15 [u.m.], când se îndeplinește condiția de maxim a programului, calculul fiind finalizat, iar programul de maxim, fiind verificat;
 - ✓ Se realizează verificarea funcție obiectiv (F_{max}):
$$F_{\text{max}} = (112 \times 3,2) + (121 \times 3) + (135 \times 2,6) = 1072,4 \text{ u.m.}$$
 - ✓ Se remarcă faptul că prin verificarea calculelor specifice funcției obiectiv se obține rezultatul: $F_{\text{Max}} = 1071,15$ u.m., care este aproximativ egal cu valoarea maximă a funcției optimizată cu ajutorul programului ($F_{\text{Max}} = 1072,4$ u.m.);



Concluzii

- **Aplicațiile privind optimizarea proceselor industriale prin programare liniară evidențiază următoarele aspecte:**

Tabelul 3.12 Starea sistemului de restricții și gradul de utilizare al celor 3 linii de tratament termic pentru soluția optimă

Linii de tratament termic	Cantitatea de piese tratată termic pentru programul optim [u.m.] (R1+R2+R3)	Capacitatea maximă de tratament termic a liniilor [u.m.]	Gradul de utilizare al liniilor [%]
L1 [u.m.]	$(1,3 \cdot 3,2) + (0,5 \cdot 3) + (1,1 \cdot 2,6) \approx 8,5$	8,5	100
L2 [u.m.]	$(0,5 \cdot 3,2) + (0,9 \cdot 3) + (1,8 \cdot 2,6) \approx 9$	9	100
L3 [u.m.]	$(0,8 \cdot 3,2) + (1,3 \cdot 3) + (0,6 \cdot 2,6) \approx 8$	8	100

- ✓ Se remarcă faptul că toate cele 3 liniile de tratament termic (L1, L2 și L3), au valori ale gradului de utilizare de 100 % atunci când se respectă soluțiile planului de producție calculat prin rularea programului.
- ✓ Spre deosebire de rezolvarea clasică a optimizării prin programare liniară (pe baza algoritmului Simplex) care durează câteva ore, în cazul utilizării instrumentului software cu ajutorul unui PC, timpul se reduce la 2-3 minute (necesar introducerii datelor ce urmează a fi optimizate), astfel încât programarea producției se realizează în timp util.



Diseminarea rezultatelor

■ *Rezultatele cercetărilor privind optimizarea proceselor industriale prin programare liniară s-au concretizat în publicarea unor lucrări în ţară cât şi în străinătate, în reviste sau la conferinţe de specialitate:*

✓ **Milosan, I.**, *Heat treatment optimization for the bearing rings fabrication*, 16th International Conference on Modern Technologies, Quality and Innovation, MODTECH 2012, Sinaia, Romania, Proceeding, vol II, pag. 589-592, ISSN: 2069-6736, Published: 2012, Accession Number: WOS:000392261800148.

✓ **Miloşan I.**, *Optimization of specific factors to produce special alloys*, Proceedings of the 5th International Conference "Computational Mechanics and Virtual Engineering, COMEC 2013, p. 173-178, DERC Publishing House, ISBN-13:978-1-939757-11-1, Tewksbury (Boston), Massachusetts, U.S.A, 2013.

✓ **Milosan, I.**, *OPTIMIZATION OF INDUSTRIAL PROCESSES USING A SPECIAL SOFTWARE*, The 17th International Conference "Scientific Research & Education in the Air Force", AFASES 2015, Scientific Research & Education in the Air Force (BDI), Vol. 2, p. 639-644, ISSN 2247-3173, 2015,

Alte realizări:

✓ BRIDGE GRANT-Transfer de cunoaştere la agentul economic, PN-III-CERC-CO-BG-2016, Nr. 100BG/2016, *Optimizarea ecotehnologiei de călire inductivă a inelelor de rulmenţi de mari dimensiuni-CALINDRUL*, (membru colectiv), parteneriat cu Schaeffler Romania Srl., Finanţator: MEN, perioada 2016-2018,.





II. 1. Dezvoltarea activităţii didactice

□ În vederea dezvoltării activităţii educaţionale, voi continua să-mi îmbunătăţesc metodologia de predare, realizând o implicare mai intensă a studenţilor în procesul de învăţare şi cercetare, astfel:

✓ *îmbogăţirea cursurilor existente cu mai multe aplicaţii, realizând o largă descriere a domeniilor industriale şi completarea acestora cu aspecte specifice de management;*

✓ *exemplificarea proceselor industriale (în cadrul orelor de laborator şi proiect) prin intensificarea colaborării cu factorii industriali, realizând vizite de documentare pe platformele industriale din judeţ şi din ţară;*

✓ *afişarea din timp a temelor de licenţă sau de dizertaţie şi propunerea unor teme de actualitate cu largă aplicabilitate industrială;*

✓ *implicarea activă în toate activităţile didactice şi ştiinţifice desfăşurate la nivel de departament, facultate şi universitate.*

□ **Editarea cursului şi a aplicaţiilor la disciplinele:** *"Modelarea şi optimizare proceselor industriale" şi "Managementul mediului".*





II.2 Dezvoltarea activităţii de cercetare viitoare

se va axa pe:

- ✓ Dezvoltarea de noi direcţii de cercetare, în concordanţă cu planul strategic al departamentului, facultăţii şi universităţii noastre, racordate la priorităţile naţionale şi europene;
- ✓ Participarea la proiecte de cercetare naţionale şi internaţionale;
- ✓ Participarea la conferinţe de specialitate naţionale şi internaţionale;
- ✓ Publicarea unui minim de două articole pe an în reviste ştiinţifice indexate Thomson Reuters, în special în reviste ce au ca factor de influenţă de minim 0,5;
- ✓ Implicarea studenţilor din ciclurile de licenţă, masterat şi doctorat, în vederea realizării lucrărilor de diplomă, dizertaţie sau a tezelor de doctorat.
- ✓ Menţinerea şi dezvoltarea legăturii cu grupurile de cercetare din ţară şi străinătate, cu implicarea studenţilor, masteranzilor, doctoranzilor.





■ Gradul de îndeplinire al standardelor minimale

Domeniul de activitate	Condiții minime profesor	Realizat
A1. ACTIVITATEA DIDACTICĂ ȘI PROFESIONALĂ	Minim 130 puncte	208,12 puncte
	Cărți/manuale/monografii/capitole în cărți de specialitate ca autor; Profesor: minim 2 de prim autor	• → 8 cărți (4 unic autor; 4 coautor)
	Supporturi de curs/Înfrumare. Profesor: Minim 4, din care 2 prim autor	• → 4 suporturi de curs/Înfrumare (3 prim autor; 1 coautor)
A2. ACTIVITATEA DE CERCETARE	Minim 300 puncte	1113,14 puncte
	Articole indexate în reviste ISI Thomson Reuters și în volumele unor manifestări științifice indexate ISI Thomson Reuters, vizibile în baza de date De la ultima promovare (oct. 2001), minim 8 articole, din care 3 în reviste, minim 3 ca autor principal	• → 16 articole în reviste indexate ISI Thomson Reuters cu FI (14 prim autor); • → 11 articole în volumele unor manifestări științifice indexate ISI Thomson Reuters (7 prim autor).
	Articole în reviste și volumele unor manifestări științifice indexate în alte baze de date internaționale De la ultima promovare (oct. 2001), minim 8	• → 21 articole BDI (20 prim autor).
	Granturi/proiecte castigate prin competiție sau contracte cu mediul socio-economic Director/Responsabil minim 2D sau 4R	• → 3 Granturi FP7 în calitate de Director cu valori de: 15468; 7613 și 5858 Euro; • → 1 Grant FP7/2017 în calitate de Director (activitate derulată, se așteaptă calculul sumei finale cu care a fost finanțat).
A3. RECUNOAȘTEREA ȘI IMPACTUL ACTIVITĂȚII	Minim 100 puncte	366,50 puncte
TOTAL	Minim 530 puncte	1687,76 puncte





ACTIVITATEA DIDACTICĂ ŞI PROFESIONALĂ (A.1.)

Cărţi/manuale/monografi/capitole în cărţi de specialitate ca autor-Edituri naţionale

1. Milosan, I. - *Elaborarea și tratamentul termic specific fontelor cu grafit nodular*, Editura Universității Transilvania din Braşov, ISBN 978-973-598-859-3, 303 pagini 2011.

2. Miloşan, I. - *Tehnologii curate aplicate în ingineria protecţiei mediului industrial*, Editura Universității Transilvania din Braşov, ISBN 973-635-590-X, 202 pag., 2005.

3. Miloşan I., *Aliaje cu proprietăţi speciale*, Editura Didactică și Pedagogică, Bucureşti, ISBN 973-30-2651-4, 136 pag., 2001.

4. Miloşan I. - *Procedee Metalurgice*, Editura Didactică și Pedagogică, Bucureşti ISBN 973-30-2278-0, 187 pag., 2000.

5. Geamăn, V., Miloşan, I., Stroe, I., Iulian, I. - *Bazele ingineriei protecţiei mediului industrial*, Editura Universității Transilvania din Braşov, ISBN 973-635-399-0, 170 pag., 2004.

6. Canta, T., Miloşan, I., ș.a., *Modelarea și simularea pe calculator a procesării materialelor*, editura: U.T.PRES -Cluj Napoca ISBN:973-98701-8-X, 418 pag., 1999.

7. Canta, T., Miloşan, I., ș.a., *Procedee avansate în ingineria suprafețelor* - Editura U. T. PRES, ISBN 973-98081-2-3, Cluj - Napoca, 395 pag., 1998.

8. Canta, T., Miloşan, I., ș.a., *Noi tehnologii pentru materiale avansate* - Editura U. T. PRES, ISBN 973-98081-2-3, Cluj - Napoca, 258 pag., 1997.



ACTIVITATEA DIDACTICĂ ȘI PROFESIONALĂ (A.1.)

Aliaje cu proprietăți speciale

Tehnologii curate aplicate în industrie

Dezvoltare de noi discipline
1989- prezent

Managementul calității

Reciclarea și managementul materialelor

Procedee unitare în metalurgie





ACTIVITATEA DE CERCETARE (A.2.)

16 articole în reviste indexate ISI Thomson cu FI (14 prim autor), publicare în :
Journal of Materials Processing Technology; Metalurgia International; Revista de chimie

11 articole în volumele unor manifestari ştiinţifice indexate ISI Thomson Reuters
(7 prim autor).

21 articole BDI (20 prim autor); **15** articole în extenso în reviste/ volumele unor
manifestări naţionale/internaţionale neindexate (unic autor).

De la ultima promovare
Oct. 2001- prezent

Activitate de cercetare desfăşurată în străinătate (prin competiţie):

4 Granturi FP7-INFRA-312643 –SFERA , în calitate de Director:

3 Granturi desfăşurate în CNRS-PROMES, Font-Romeu, Franţa : 2015; 2016; 2017;

1 Grant desfăşurat în CIEMAT-PSA, Tabernas (Almeria) Spania: 2017;

1 Grant FP7-INFRA-312643 –SFERA în calitate de membru în echipa de cercetare,
desfăşurat în CIEMAT-PSA, Tabernas (Almeria) Spania: 2014;

**Activitate de cercetare desfăşurată în ţară în calitate de membru al echipei de
cercetare: 6 Granturi/Proiecte:** 1 FP7: ENV-2007; 3 CEEX: 2005; 2006;
1 BRIDGE PN-III-CERC-CO-BG-2016; 1 Contract cu terţi: ALRO-Slatina



18 citări în articole indexate ISI; **9 citări** în articole indexate BDI

Peste 100 lucrări totale publicate în jurnale, reviste de specialitate, proceedings, buletine ştiinţifice universitare, volume ale conferinţelor naţionale şi internaţionale

Indice Hirsch conform ISI Knowledge (**IndiceHISI**), **h-index: 3**;

Indice Hirsch conform Scopus (**IndiceHScopus**), **h-index: 2**;

Indice Hirsch conform Google Scholar (**IndiceHGS**), **h-index: 4**

Membru în colectivele de redactie sau comitetele ştiinţifice al revistelor / Recenzor:
European Scientific Journal, Advanced Materials Research, Metalurgia International; RECENT; Metalurgia.

Membru în organizaţii, asociaţii profesionale de prestigiu, naţionale: **Asociaţia Tehnică de Turnătorie din Romania (ATTR); Asociaţia Română de Salubritate (ARS);** Garda Naţională de Mediu, **Corp Voluntari de Mediu** (Vicepreşedinte 2009-2016)

Evaluator naţional -*Ministerul Educaţiei Naţionale, Agenţia de Credite şi Burse de Studii*



3.4. Experienţă de management, analiză şi evaluare în cercetare şi/sau învăţământ

3.4.1. Conducere

- *Vice-Director* - Colegiului Universitar Tehnic (CUT), Universitatea Transilvania din Braşov; 2002 - 2007;
- *Responsabil cu Asigurarea Calităţii*, la nivelul facultăţii Ştiinţa şi Ingineria Materialelor, Universitatea Transilvania din Braşov; 2007-2012;
- *Prodecan cu activitatea didactică şi asigurarea calităţii*, Facultatea Ştiinţa şi Ingineria Materialelor, Universitatea Transilvania din Braşov, 2012-2016;
- *Responsabil CICOC*, la nivelul facultăţii Ştiinţa şi Ingineria Materialelor, 2014-2016 (Centrul de Informare, Consiliere şi Orientarea Carierei);
 - *Coordonator Program postuniversitar: “Poluarea, protecţia şi managementul mediului”* (586 ore), Centrul de Formare Continuă, Universitatea Transilvania din Braşov, 2006 - prezent;
 - *Responsabil Control Intern Managerial* în departamentul Ştiinţa Materialelor, Facultatea Ştiinţa şi Ingineria Materialelor, Universitatea Transilvania din Braşov, 2013 - prezent;

3.4.2. Membru

- Consiliul Colegiul Universitar Tehnic (CUT), Universitatea Transilvania din Braşov, 2002-2007;
- Consiliul Facultăţii Ştiinţa şi Ingineria Materialelor, Universitatea Transilvania din Braşov, 2008-2016.



Universitatea
Transilvania
din Braşov

FACULTATEA DE ŞTIINŢA
ŞI INGINERIA MATERIALELOR

**VĂ MULŢUMESC PENTRU
ATENŢIA ACORDATĂ !**

**Braşov,
23.02.2018**

